



TIESUOLALIUOSTEN KÄYTTÖ- JA TALOUDELLISUUS- TARKASTELU LIUKKAUDEN- TORJUNNASSA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Kalle Kankaanpää			
Työn nimi Tiesuolaliuosten käyttö- ja taloudellisuustarkastelu liukkaudentorjunnassa			
Päiväys	8.4.2015	Sivumäärä/Liitteet	47/4
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen, tuntiopettaja, Eeva Jauhiainen, lehtori			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Destia Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin kemiallista liukkaudentorjuntaa Keski-Suomen alueella. Tavoitteena opinnäytetyön ensimmäisessä osassa oli selvittää liukkauden torjunnassa käytettävän liuossuolauksen käyttösuuden kasvattamista verrattuna kostutetun rakeisen suolan käyttöön. Opinnäytetyön toisessa osassa oli tavoitteena selvittää, onko taloudellisempaa valmistaa natriumkloridiliuosta urakoitsijan omalla liuosasemalla ja täältä toimittaa sitä alueurakoiden varastoihin, vai onko kannattavampaa tilata kalsiumkloridiliuosta suoraan valmistajalta alueurakoiden varastoon.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin keräämällä lähdetietoa teiden talvihoidosta ja liukkaudentorjunnasta. Tutkimusosaa varten haastateltiin viiden eri alueurakan työmaapäällikköä edellisten talvien kokemuksista. Menetelmätarkastelu suoritettiin seuraamalla liukkaudentorjuntatoimenpiteitä Jämsän, Äänekosken ja Pihtiputaan alueurakoissa lokakuusta 2014 helmikuuhun 2015. Kelikeskuksen asiantuntijan kanssa tarkasteltiin ja arvioitiin olivatko tehdyt toimenpiteet oikeita säätilan kannalta vai olisiko jotain voinut tehdä toisin. Taloudellisuustarkastelun laskemia varten kerättiin natriumkloridiliuoksen valmistamisesta ja kuljettamisesta syntyviä kustannuksia, jolloin saatiin selvitettyä NaCl-liuoksen kokonaiskustannukset alueurakan varastoon toimitettuna ja näitä kustannuksia voitiin verrata varastoon toimitetun CaCl₂-liuoksen hintaan.</p> <p>Menetelmätarkastelussa selvisi, että tarkalla säätilan seurannalla on mahdollista lisätä liuossuolauksen osuutta liukkaudentorjunnassa, verrattuna kostutettuun suolaukseen. Taloudellisuus tarkastelun tuloksen jälkeen on vaikea perustella CaCl₂-liuoksen käyttöä liukkaudentorjunnassa NaCl-liuoksen sijaan tarkastelluilla alueilla. Tämän opinnäytetyön tuloksia tullaan käyttämään kehiteltäessä yrityksessä taloudellisempia työskentelytapoja.</p>			
Avainsanat liukkaudentorjunta, tiesuola, liuossuola, natriumkloridi, kalsiumkloridi, taloudellisuus			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Kalle Kankaanpää			
Title of Thesis Road Salt Solutions Method And Cost Analysis During in De-icing Treatment			
Date	April 8, 2015	Pages/Appendices	47/4
Supervisor(s) Mr. Juha Pakarinen, Lecturer and Mrs. Eeva Jauhiainen, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Destia Ltd.			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this final year project was to examine chemical de-icing treatment in Central Finland region. The aim of the first part of the project was to find out how to increase the share of salt solution compared to granular salt which is used in de-icing treatment. In the second part of the project the goal was to find out, whether it would be more economical to manufacture sodium chloride solution at contractor's own solution station and deliver it to storage tanks at the regional road maintenance project or would it be economically more profitable to order calcium chloride directly from the manufacturer.</p> <p>The project was started by collecting information about winter road maintenance and de-icing treatment from different sources. First, five site managers of different regional road maintenance projects were interviewed about the experiences in the previous winter. The method analysis was carried out by following de-icing treatment operations from October 2014 to February 2015 at Jämsä, Äänekoski and Pihtipudas regional road maintenance projects. These operations were examined and evaluated with an expert at the weather center to find out whether they were functional compared to the weather conditions. All the sodium chloride solution manufacturing and transportation costs were collected to carry out the economy analysis. With this information it was possible to calculate the total cost of the sodium chloride solution when it is delivered to storage tank at the regional road maintenance project and these costs could be compared to the cost of calcium chloride solution.</p> <p>The method analysis showed that, with accurate monitoring of the weather condition, it is possible to increase the share of the salt solution in de-icing treatment. The results of the economy analysis do not support using calcium chloride solution for de-icing treatment. The company will use the results of this project when developing more economical ways to work.</p>			
<p>Keywords de-icing, road salt, solution of salt, sodium chloride, calcium chloride, economy</p>			
public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	TIEN KUNNOSSAPITO JA TALVIHOITO.....	7
2.1	Tien kunnossapito.....	7
2.2	Talvihoitoluokat	7
2.3	Liukkauden syntyminen	8
2.3.1	Tienpinnan vaikutus	8
2.3.2	Sääilmiöiden vaikutus	9
2.4	Liukkaudentorjunta	10
2.4.1	Suolaus	10
2.4.2	Suolausmenetelmät.....	11
2.4.3	Liukkaidentorjunta kalusto	12
2.4.4	Liukkaudentorjuntakemikaalit.....	13
2.4.5	Suolan annostelu	14
2.4.6	Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset.....	16
2.5	Liukkaudentorjuntakemikaalien sivuvaikutukset	17
2.5.1	Ajoneuvokorroosio	17
2.5.2	Siltakorroosio.....	17
2.5.3	Varusteiden ja laitteiden korroosio	18
2.5.4	Vaikutukset kasvillisuuteen ja eliöstöön	18
2.5.5	Vaikutuksen pohja- ja pintavesiin	19
3	SUOLAUSMENETELMIEN TARKASTELU	20
3.1	Tarkastelun lähtökohdat.....	20
3.2	Tarkasteltava tiestö.....	20
3.3	Tarkastelun suorittaminen	21
3.4	Liukkaudentorjunta toimenpiteiden seuranta	21
3.4.1	Lokakuu 2014	21
3.4.2	Marraskuu 2014.....	24
3.4.3	Joulukuu 2014	27
3.4.4	Tammikuu 2015.....	29
3.4.5	Helmikuu 2015.....	31
3.5	Tulokset	35

4	TALOUELLISUUSTARKASTELU	38
4.1	Lähtökohdat	38
4.2	NaCl-liuoksen valmistus	38
4.2.1	Jyväskylä	39
4.2.2	Jämsä	41
4.3	Liuoksen varastointi	42
4.4	Laskelmat	43
4.4.1	Natriumkloridiliuoksen valmistuskustannukset	43
4.4.2	Natriumkloridiliuoksen kuljetuskustannukset	44
4.5	Tulokset	44
5	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	47
	LIITE 1: SUOLAN KULUTUS 10/2014–02/2015	48
	LIITE 2: NaCl – CaCl ₂ KUSTANNUSVERTAILU	50

1 JOHDANTO

Jotta talvisinkin tiellä saadaan säilytettyä liikenneturvallisuus ja liikenne saadaan pidettyä sujuvana, on päätiestöllä käytettävä kemiallista liukkaudentorjuntaa, eli teitä täytyy suolata. Liukkaudentorjuntaan käytetään suolaa lähinnä Is- ja I-luokan teillä, mutta myös alempi luokkaisella tiestöllä, riippuen liikennemääristä ja raskaanliikenteen osuudesta. Suomessa teiden kemiallisessa liukkaudentorjunnassa käytetään tiesuoloja noin 70 000–80 000 tonnia/talvikausi. Käytetty suola on lähes kokonaan natriumkloridia, mutta pienissä määrin käytetään myös kalsiumkloridiliuosta ja liuosmuotoista kaliumformiaattia. Käytännössä liuosuolan ja kostutetun rakeisen suolan levittäminen ovat toisiaan täydentäviä menetelmiä. Liuosmuotoisen natriumkloridin käyttö vaihtelee koko suolanmäärästä hyvin paljon eri osissa Suomea, eikä asiaa voi selittää yksin ilmastollisin tai tiestön talvihoitoluokkien erolla. Tästä suolamäärästä levitetään liuosmuotoisena keskimäärin 10–20 %. Natriumkloridiliuosta valmistetaan tiehoidon alueurakoilla olevilla liuosasemilla ja yksi syy liuosmuotoisen suolankäytön pieneen osuuteen on tarvittavan liuosaseman hankinta ja käyttökustannukset.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää mahdollisuudet lisätä liuosmuotoisen natriumkloridin käyttöä Keski-Suomessa ja mahdollisuuksista luopua kalsiumkloridiliuoksen käytöstä liukkaudentorjunnassa. Työssä tarkasteltavia asioita ovat usean alueurakan yhteiskäyttöisten liuosasemien taloudellisuus, sijoittaminen, liuoksen valmistaminen, liuoksen jakaminen ja tarvittavat varastotilavuudet liuosasemilla sekä urakka-alueilla. Lisäksi arvioidaan liuosmuotoisen suolan osuutta käytettävästä suolamäärästä tarkasteltavilla urakoilla. Työn tilaaja on Destia Oy.

Liuossuolan käyttöä tarkastellaan seuraamalla Jämsän, Äänekosken ja Pihtiputaan alueurakan liukkaudentorjunta toimenpiteitä lokakuusta 2014 helmikuuhun 2015. Toimenpiteet arvioidaan keliokeskuksen asiantuntijan kanssa ja tarkastelukohteena ovat urakka-alueilla valinneita keliolosuhteet ja tiestön tila. Kelikeskus antaa arvion, että onko toimenpide ollut oikea vallinneiden olosuhteiden puolesta, vai olisiko jotain voinut tehdä toisin. Taloudellisuustarkastelussa kerätään yhteen kaikki NaCl-liuoksen valmistamiseen ja kuljettamiseen kohdistuvat kulut. Tätä kokonaiskustannusta verrataan tehtaalta tilatun CaCl₂-liuoksen kustannuksiin ja näin saadaan selville, kumpi on taloudellisesti kannattavampi tapa toimia.

Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan palveluyritys, joka rakentaa, ylläpitää ja suunnittelee liikenneväylien sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi kokonaisiasia elinympäristöjä. Destia on hoito- ja kunnossapitopalvelujen moniosaaja. Toiminnan perustana ovat parhaat mahdolliset sää- ja keliennusteet, kokenut ja osaava henkilöstö sekä uudenaikaiset työmenetelmät ja kalusto.

2 TIEN KUNNOSSAPITO JA TALVIHOITO

2.1 Tien kunnossapito

Teiden kunnossapidolla turvataan teiden päivittäinen liikennöitävyys ja luodaan edellytykset turvalliseen liikkumiseen (Ely-keskus.fi). Tiestöä hallinnoi liikennevirasto ja tiestön kunnossapidosta vastaa omilla alueillaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset, eli ELY-keskukset. Suomen tiestöhoito on järjestetty alueurakka-mallilla.

Suomen yleiset tiet on jaettu yli 80 urakka-alueeseen, joissa alueurakoitsijat vastaavat maanteiden kesä- ja talvihoidosta Liikenneviraston määrittelemän palvelutason mukaan. Maanteiden kunnossapitoon kuuluu päällystettyjen teiden, sorateiden, siltojen, tieympäristön, sekä maanteiden varsilla olevien laitteiden ja rakenteiden hoito ja ylläpito (Liikennevirasto.fi).

Teiden talvihoitoon kuuluvat muun muassa liukkaudentorjunta, lumen auraus, tienpintojen tasaaminen, lumivallien poisto ja liikennemerkkien puhdistaminen. Liikennevirasto määrittelee teiden palvelutason, jonka johdosta tiet on jaettu liikennemäärien ja liikenteellisen merkityksen mukaan talvihoitoluokkiin. Talvihoitoluokkia ovat Is, I, Ib, TIb, II ja III. Päätiät kuuluvat korkeimpaan luokkaan ja vähäliikenteiset tiät poikkeuksetta alimpaan hoitoluokkaan. Hoitoluokka määrittää sen, missä kunnossa teiden on oltava talvella ja kuinka nopeasti hoitotoimenpiteet tulee tiestöllä aloittaa. (Ely-keskus.fi.)

2.2 Talvihoitoluokat

Hoitoluokkaan Is kuuluu 3 217 kilometriä tietä, jossa kulkee 42 % liikenteestä, tie on pääosin paljas läpi talven, kylminä ajanjaksoina tiellä voi olla jonkin verran pitkittäisiä ohuita polannekaistoja, jotka eivät erityisesti vaikuta ajamiseen. Pitkinä pakkaskausina, jolloin suolaus ei ole mahdollista, voi tienpinta olla osittain jäinen, mutta liukkaudentorjunta suoritetaan pääsääntöisesti ennakoivilla toimenpiteillä. (Liikennevirasto.fi.)

Hoitoluokkaan I kuuluu 3 831 kilometriä tietä, jossa kulkee 17 % liikenteestä, tie on suurimman osan ajasta paljas tai siinä voi esiintyä kapeita, matalia polannekaistoja ajokaistojen ja ajourien välissä. Säätilan muuttuessa ja yöaikaan tiellä voi olla lievää liukkautta ja liukkauden ongelmatilanteet pyritään estämään ennakoivalla liukkaudentorjunnalla. (Liikennevirasto.fi.)

Hoitoluokkaan Ib ja luokkaan TIb kuuluu 10 377 kilometriä tietä, jossa 22 % liikenteestä ja näiden luokkien tiät hoidetaan korkeatasoisesti, mutta pääosin ilman suolaa. Tien pinta on liikennemäärästä ja säästä riippuen osittain paljas, osittain tiellä on polannekaistoja, tai tie voi olla kokonaan lumipolanteen peittämä, liukkautta torjutaan suolalla vain syys- ja kevätliukkailla. (Liikennevirasto.fi.)

Hoitoluokkaan II kuuluu 19 916 kilometriä tietä, jossa kulkee 14 % liikenteestä, tien pinta on pääosin polannepintainen ja polanne voi olla osittain urautunut. Tiellä on normaali olosuhteissa riittävä kitka ja tasaisuus maltilliseen liikennöintiin, mutta risteysalueet, mäet ja kaarteet hiekoitetaan niin, että normaali liikkuminen on turvallista. Tie hiekoitetaan kokonaan ongelmallisilla keleillä. (Liikennevirasto.fi.)

Hoitoluokkaan III kuuluu 40 916 kilometriä tietä, jossa kulkee 6 % liikenteestä, tie on pääosan ajasta polannepintaista ja paikoin voi olla uria. Pakkaskeleillä ajo-olosuhteet ovat pääosin tyydyttävät, mutta saattavat paikoin vaihdella ja sään muuttuessa keli voi olla useiden tuntien ajan ongelmallinen. (Liikennevirasto.fi.)

2.3 Liukkauden syntyminen

2.3.1 Tienpinnan vaikutus

Liukkautta alkaa syntyä kun tienpinnan lämpötila laskee alle nollan asteen, jolloin tienpintaan tiivistyvää, tai sillä jo oleva kosteus jäätyy. Tienpinnan lämpötilaan vaikuttavat monet eri asiat, kuten auringon säteily päivällä ja lämmön ulossäteily yöllä, pilvisyys, tuuli, sade, sekä tien rungon rakenne, pintamateriaali, routaeristeet ja erilaiset taitorakenteet kuten sillat. Myös tien topografia, suuret avoimet vesistöt ja tien peitteisyys (kuva 1) vaikuttavat liukkauden syntymiseen. Liikenteen vaikutuksesta tien pintalämpötila voi muuttua 0.5...1 astetta ja oman vaikutuksensa liukkauden syntymiseen tuovat lämpösaarekkeet, joita ovat kuntien ja kaupunkien taajamat. Kaarto(2014-10-28).

Tien peitteisyys



Kuva 1 Kasvillisuuden vaikutus tien peitteisyyteen (Kaarto 2014-10-28)

2.3.2 Sääilmiöiden vaikutus

Märkä tienpinta jäätyy kun auringon säteily vähenee ja loppuu illan ja yön aikana, tällöin tienpinta luovuttaa lämpöä ilmaan enemmän kuin se ulkoapäin saa. Mitä kauemmin tämä ulossäteilytilanne jatkuu, sitä kylmemmäksi tienpinta tulee. Lämpötila laskee nopeammin tienpinnassa kuin ilmassa ja tienpinta jäähtyy selvästi ilmaa kylmemmäksi. Jos tienpinta on edellä kuvatussa tilanteessa märkä, esimerkiksi sateen tai sulaneen lumen jäljiltä, jäätyy tienpinnalla oleva vesi jo huomattavasti ennen kuin ilman lämpötila saavuttaa 0 °C. Tämänlaisessa tilanteessa ilman lämpötila saattaa pysyä kokoajan nollan yläpuolella, mutta tienpinta jäätyy, koska pinnan lämpötila laskee alle nollan asteen. (Tiehallinto 2001; liite 2.)

Kuura ja liikenteen siitä talleama musta jää syntyy selkeinä heikkotuulisina öinä, vaikka tienpinta ei lähtötilanteessa olisikaan märkä. Tienpinta luovuttaa voimakkaasti lämpöä ja pinnan lämpötila laskee jyrkästi. Kun tienpinnan lämpötila laskee kastepistelämpötilan alapuolelle, alkaa ilmassa oleva kosteus tiivistyä tienpintaan. Mitä suurempi tienpinnan ja kastepistelämpötilan ero on, sitä enemmän kosteutta tiivistyy ja mitä kauemmin tiivistymistilanne jatkuu, sitä enemmän pinnalle tiivistyy kosteutta. Lämpötilan ollessa nollan alapuolella puhutaan kuurasta ja härmistymisestä. (Tiehallinto 2001; liite 2.)

Tienpinnan lämpötilan jo ollessa pakkasen puolella ja lämpimän kostean ilman virratessa kylmän tienpinnan päälle, muodostuu pintaan huurretta. Huurretilanteessa tien pintalämpötila ei laske vaan tiivistymistä alkaa tapahtua, koska kosteampaa ilmaa virtaa tienpinnan päälle. Liikenteen vaikutuksesta huurre osittain sulaa, muodostaen liukkaan jään ja veden sekoitteen tien pinnalle. Sään lauhtumisesta johtuvan liukkaus on hyvin lähellä huurreliukkautta ja johtuukin lähinnä samasta ilmiöstä, koska sään lauhtuessa lämmintä ilmaa virtaa tienpinnalle. Lämmin ilma sisältää yleensä kylmää ilmaa enemmän kosteutta ja tästä seuraa, että kastepistelämpötila on pintalämpötilaa korkeampi ja syntyy edellä kuvatun tyyppinen tiivistymistilanne. (Tiehallinto 2001; liite 2.)

Kun vettä sataa tienpinnalle, jonka pintalämpötila on nollan alapuolella, jäätyy vesi osittain ja muodostaa laukkaan jääpeitteen. Lämpötilan ollessa lähellä nollaa tämän tyyppinen liukkaus voi olla hyvinkin paikallista ja yllättävää, koska tien pintalämpötila vaihtelee eri kohdissa ympäristötekijöiden ja tien runkorakenteen takia. (Tiehallinto 2001; liite 2.)

Jäätävää sadetta esiintyy talvella joidenkin lämpimien rintamien yhteydessä. Lämmintä ilmaa virtaa kylmän ilman yläpuolella ja alas tullessaan vesipisarat jäähtyvät kylmässä ilmakerroksessa joitakin asteita nollan alapuolelle. Törmätessään tienpintaan ne jäätyvät ja muodostavat erittäin nopeasti liukkaan jääpeitteen. (Tiehallinto 2001; liite 2.)

Lumisade koostuu jääkiteiden ja veden seoksesta, jonka lämpötila on usein lähellä nollaa. Kovemilla pakkasilla tuleva lumisade on puhtaammin lumikiteitä. Märkä lumi aiheuttaa kuivaa lumisadetta liukkaamman kelin ja erittäin liukkaan kelin lumisade aiheuttaa, jos lumi sataa jääpeitteen päälle. (Tiehallinto 2001; liite 2.)

2.4 Liukkaudentorjunta

Liukkaudentorjunnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla vähennetään tai poistetaan tienpinnan liukautta kemiallisesta tai mekaanisesti. Tavoitteena on turvata riittävä kitkataso tien ja renkaan välissä. Kemiallisessa liukkaudentorjunnassa estetään jään muodostuminen ennakkoon tai sulatetaan jo muodostunutta jäätä. Tämä ilmiö perustuu liukkaudenestossa liuenneen suolan aiheuttamaan veden sulamispisteen alenemaan. Kun jää sulaa, liuos laimenee, mutta jos liuksen ionivahvuus on riittävän suuri, liuos ei jäädy uudelleen kyseisessä lämpötilassa. Sulamislämpötilan alenema on suoraan verrannollinen liuenneen suolan määrään. (Tiehallinto 2006, 14.)

Pääasiassa suolaa käytetään vilkkaimmilla tieosuuksilla, lähinnä hoitoluokkien Is, I ja Ib teiden liukkaudentorjunnassa. Muilla pääteillä liukkaudentorjunta suoritetaan hiekoittamalla tai polannepintaa karhentamalla, mutta näillä tieosuuksilla suolaa voidaan käyttää syksyn ensi liukkailla tai talviajan pahimmissa ongelmatilanteissa. (Liikennevirasto.fi.)

Säätilan ennakkointi ja liukkaudentorjunnan oikea-aikaisuus ovat yksi liukkaudentorjunnan onnistumisen perusedellytyksistä, varsinkin syksyn ensi liukkailla ennakkoon suoritettava liukkaudentorjunta toimenpide on tärkeä, koska ajotottumusten muutos tapahtuu viiveellä jo talvikelien alettua. Muita liukkaudentorjunnan perusedellytyksiä ovat toimivat, oikein säädetyt koneet ja laitteet, sekä henkilöstön riittävä ammattitaito. Kun yhdistetään henkilöstön ammattitaito ja oikein säädetyt laitteet, saadaan aikaiseksi paras mahdollinen tulos liukkaudentorjunnassa ja hallitaan liukkaudentorjunta-aineiden menekkiä. (Tiehallinto 2001, 36.)

2.4.1 Suolaus

Tiesääjärjestelmään ja maastohavainnointiin tukeutuva ammattihenkilö voi ajoittaa suolauksen onnistuneesti. Parhaimmillaan suolan levitys voidaan aloittaa muutamia tunteja ennen tien mahdollista jäätymistä ja täten viivyttaa, tai ehkäistä kokonaan mahdollinen liukkauden syntyminen. Ennusteiden pettäessä suolaus saattaa osoittautua turhaksi, mutta nämä muutamat kerrat eivät lisää suolan kulutusta merkittävästi. Urakka-alueen tiestöllä voi olla säätilasta ja vuorokauden ajasta riippuvaisia liukaskohtia kuten sillat ja rampit, joista tiesää järjestelmä varoita. Nämä paikat ovat alueurakan työnjohdon tiedossa ja ne on aina tarkastettava, kun liukkautta mahdollisesti esiintyy. (Tiehallinto 2001, 36–37.)

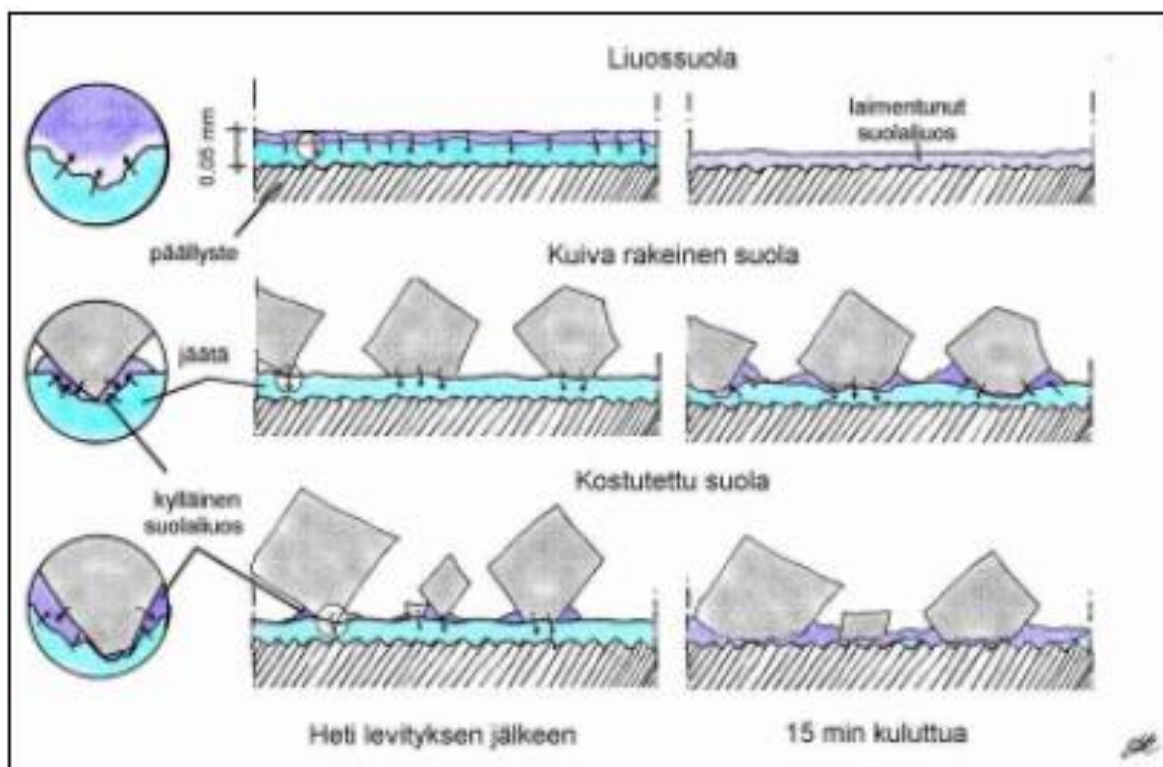
Liukkaudentorjunta suunnitellaan toimenpideaikojen edellyttämällä tavalla ja liukkaudentorjuntareitit laaditaan erikseen liuossuolaukselle ja kostutetulle suolaukselle. Ennakkosuolauksella pyritään siihen, että liukkautta ei pääse syntymään ja toimenpide aika ei käynnisty. Ennakoiva liukkaudentorjunta mahdollistaa pidemmät hoitoreitit ja on usein edellytys sille, että pysytään toimenpideaajoissa. (Tiehallinto 2001, 36–37.)

2.4.2 Suolausmenetelmät

Lioussuolaus on ennakoivan liukkaudentorjunnan päämenetelmä ja se mahdollistaa hyvin pienten suolamäärien käytön. Lioussuolaa käytetään ohuen jääkalvon ja kuuran torjuntaan, mutta sitä ei voi käyttää vahvan jään ja lumen aiheuttaman liukkauden torjuntaan. Lioussuolauksen etuja ovat suurrehko levitysnopeus, joka on lautaslevittimellä 40–55 km/h ja suutinlevittimellä 40–60 km/h, suurrehko toimintasäde ja lioussuolan välitön vaikutus. Lioussuola levittyy tasaiseksi kerrokseksi ja laimee tiellä olevaan kosteuteen. Liuksen suolapitoisuuden varmistaminen on välttämätöntä aina ennen kuormausta, jos liuksen väkevyys ei riitä voi lioussuolaus epäonnistua pahasti ja tie jäätyä. Lioussuolana käytetään niin natriumkloridia, kuin kalsiumkloridia. (Tiehallinto 2001, 41.)

Kostutettusuolaus on päämenetelmä suolattaessa märälle tienpinnalle tai suolattaessa ennen lumisadetta ja sen aikana. Kostutettusuola toimii myös kylmemmissä olosuhteissa kuin lioussuola. Kostutettu suola levitetään suolausautomaatilla ja sen sopiva levitysnopeus on 40–45 km/h. (Tiehallinto 2001, 40.) Tätä suurempi levitysnopeus lisää suolan hävikkiä olennaisesti. Kostutettusuola sisältää tarvittavan alkukosteuden, jotta suolarakeet tarttuvat tienpintaan ja suolan sulattava vaikutus nopeutuu. Kostutus lisää rakeiden painoa, sitoo hienoainesta ja vähentää suolan hävikkiä levitettäessä ja tiellä. Kuivaa suolaa kostutettaessa siihen lisätään 25–30 prosenttia suolaliuosta suolan kokonaispainosta. (Tiehallinto 2001, 37.)

Käytännössä lioussuolaus ja kostutettu suolaus ovat toisiaan täydentäviä työmenetelmiä. Kuvassa 2 kuvataan lioussuolan ja rakeisen suolan vaikutus tienpinnalle heti levityksen jälkeen ja 15 minuutin kuluttua. (Tiehallinto 2001, 38.) Talvihoidon laatuvaatimuksissa vaaditaan, että liukkaudentorjuntasuola on levitettävä kostutettuna tai pelkkänä liuksena, eli Suomen tiestöllä ei käytetä kuivaa rakeista suolaa. (Tiehallinto 2009, 17).



Kuva 2 rakeisen suolan ja liuossuolan vaikutus tienpintaan (Tiehallinto 2001, 38)

2.4.3 Liukkaidentorjunta kalusto

Nykyvaatimusten mukaisen liukkaudentorjunta tason saavuttaminen edellyttää suolausautomaatin käyttöä. (kuva 3) Automaatissa on säiliö kuivalle suolarakeelle ja tämän kostuttamiseen tarvittavat liuostankit. Laitteella voidaan levittää kostutettua suolaa ja vähäisessä määrin liuossuolaa. Suolausautomaatin toimintaa hallitaan ohjaamosta, josta kuljettaja voi säätää suolan sirottelumäärän, -leveyden ja suunnan. Nykyaikaisissa automaateissa on myös tiedonkeruu järjestelmät, joilla voidaan tarkkailla esimerkiksi levitysnopeutta, suolamäärää ja kostutussuhdetta, lisäksi kuljettaja voi säätää suolan kostutuksen määrän. Suola rakeiden kostutus tapahtuu levittimen lautasella tai juuri ennen lautasta. (Tiehallinto 2001, 40.) Useimmilla suolausautomaateilla sirotteluleveys on 3-8 metriä, joka mahdollistaa normaalin tien käsittelyn yhteen suuntaan ajettaessa, mutta katkeamattomassa liikennevirrassa on kuitenkin suositeltavaa käsitellä vain oma ajokaista (Tiehallinto 2001, 36).

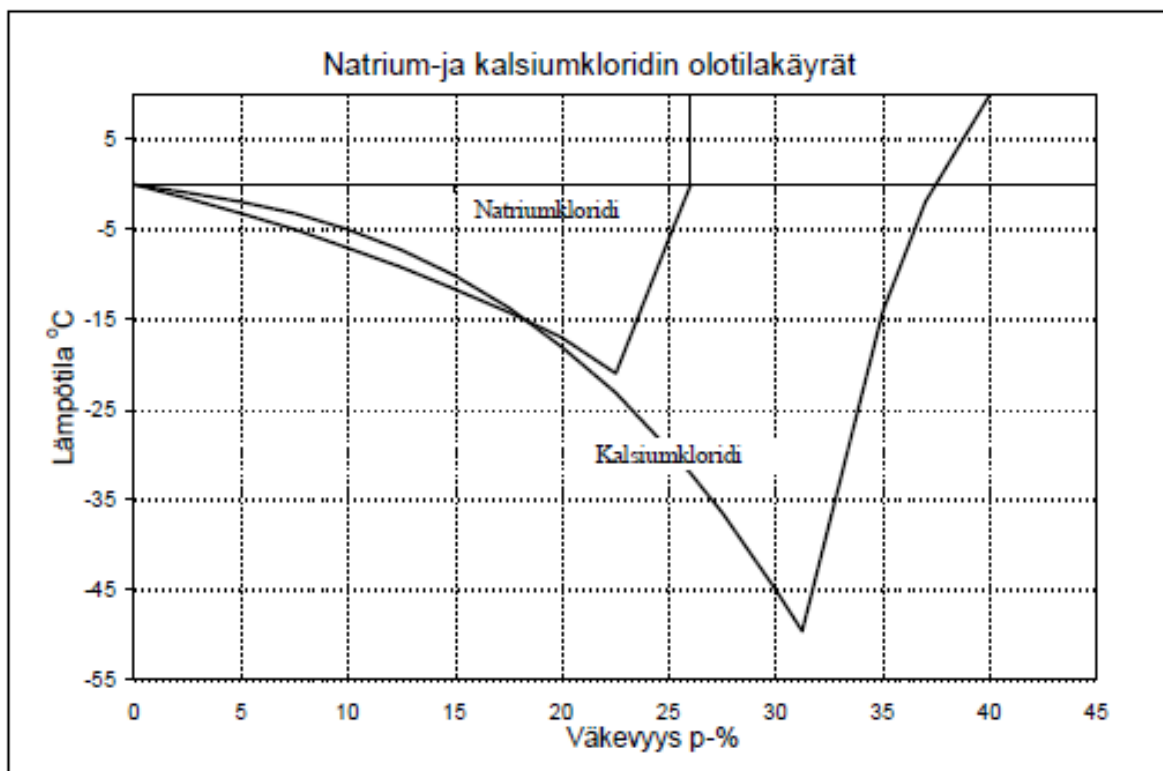


Kuva 3 Suolausautomaatti (Tiehallinto 2001, 40)

Isojen liuossuola määrien levittämiseen käytetään liuossäiliöitä, jotka sijoitetaan automaatin tavoin kuorma-auton lavalle. Säiliöiden tilavuus on 10–15 m³, jolloin liuos riittää varmasti pidemmillekin liukkaudentorjunta reiteille (Serco.fi). Säiliössä suuttimet joilla liuos levitetään tielle, levitys leveyden ollessa 2,4 metriä (Serco.fi). Ohjaamosta kuljettaja hallitsee tielle levitettävän liuosmäärän. Liuossäiliöitä liukkaudentorjunnassa käytetään suhteellisen vähän suolausautomaattien kehittymisen myötä.

2.4.4 Liukkaudentorjuntakemikaalit

Natriumkloridi (NaCl) eli vuorisuola eli tiesuola on maailmanlaajuisesti yleisesti käytössä oleva edullinen ja tehokas liukkaudentorjunta-aine. Natriumkloridi on vesiliukoinen kemikaali, joka alentaa veden jäätymispistettä. Sen eutektinen piste eli alin jäätymislämpötila, joka voidaan saavuttaa tietyn suolan vesiliuokselle, on -21,2 °C liuosväkevyydessä 23,3 %. Tähän samaan liuosväkevyyteen pyritään liukkaudentorjunnassa, jotta natriumkloridin sulatusteho olisi mahdollisimman hyvä. Kuivana rakeena levitettäessä natriumkloridi on tehokkaimmillaan lämpötilan -4 °C:n yläpuolella. (kuva 4) Lämpötilojen -4 ja -7 °C:n välillä rakeinen natriumkloridi tehoaa vasta 30–45 minuutin jälkeen. Tämä johtuu siitä, että natriumkloridi vaatii tietyn ajan muodostaakseen tarpeeksi suolavettä, jotta jään ja lumen sulamisprosessi pääsee alkuun. Sulatustehonsa natriumkloridi menettää -9,4 °C:n lämpötilassa. Natriumkloridia käytetään Suomessa liukkaudentorjuntaan suolaliuoksella kostutettuna tai pelkkänä liuoksena. (Tiehallinto 2006, 17.)



Kuva 4 Molemmat suolaliuokset säilyvät jäätymättöminä ja säilyttävät sulatustehonsa niiden pääasiallisessa käyttölämpötilassa, joka on 0...-7 °C (Tiehallinto 2001, Liite 3).

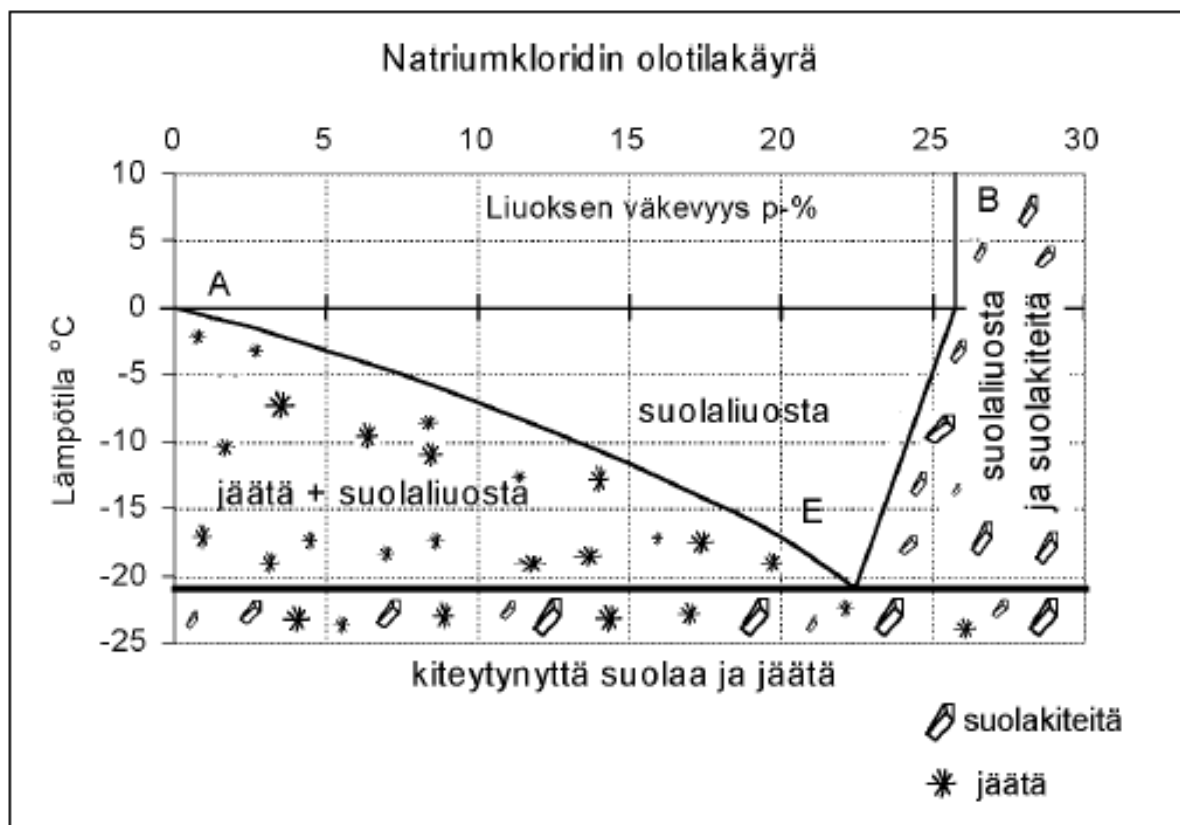
Kalsiumkloridia (CaCl_2) käytetään pääasiassa sorateiden pölynsidontaan ja niiden pinnan kestävyysparantamiseen. Kalsiumkloridin käyttö liukkaudentorjunnassa on Suomessa lisääntynyt ja sen osuus vuonna 2006 oli noin 13 % liukkaudentorjunta-aineiden kokonaiskäytöstä. Kalsiumkloridi on hygroskooppinen materiaali, eli se imee itseensä vettä ja muuttuu kiinteästä olomuodosta liuosmuotoon hyvin nopeasti. Myös kalsiumkloridiliuos on tietyssä väkevyydessä hygroskooppinen ja tämän ominaisuuden vuoksi kalsiumkloridi pystyy sulattamaan jäätä nopeammin kuin natriumkloridi. Kalsiumkloridi on osoittautunut erittäin tehokkaaksi mustanjään torjunnassa. Kalsiumkloridi myös sitoo sulamisessa vapautunutta vettä alhaisemmassa lämpötilassa ja ilmankosteudessa kuin natriumkloridi. (Tiehallinto 2006, 14.)

Suomessa kalsiumkloridia saa käyttää ainoastaan liuosmuodossa ja pienellä annostuksella. Sitä voidaan käyttää myös rakeisen natriumkloridin kostutukseen, jolloin natriumkloridi kostutetaan kalsiumkloridiliuksella ennen tielle sirottamista. Suomessa kalsiumkloridia käytetään liukkaudentorjunnassa aina noin 32 % liuksena. Sen käyttölämpötila-alue on laaja, (kuva 4) sillä se säilyttää tehonsa jopa -15 ja -20 °C:n välillä, kun liuoksen konsentraatio on riittävän suuri. Käytännössä kuitenkin vain yli -7 °C:n lämpötilat ovat merkittäviä liukkaudentorjunnassa, sillä alhaisemmissa lämpötiloissa ei liukkaudentorjuntakemikaaleja yleensä käytetä. (Tiehallinto 2006, 14.)

2.4.5 Suolan annostelu

Liukkaudentorjunnan annossuositukset on laadittu natriumkloridin olotilakuvaajan (kuva 5) ja käytännön kokemuksen perusteella. Suola-annosten valinnassa on otettava huomioon tienpinnan läm-

pötilä, kosteus ja näiden kehittyminen, tienpinnan liukkaan peitteen määrä ja laatu, mahdollisen sateen määrä ja laatu, liikennemäärät ja niiden kehittyminen, sekä suolausmenetelmä. Ennakoiva, oikea-aikainen työ minimoi tarvittavan suola-annoksen. Taulukon 1 annosteluohjeiden lisäksi kaikissa tilanteissa on käytettävä kokemuksen tuomaa ammattitaitoa, sillä osaava kuljettaja selviää keskimääräistä pienemmillä annoksilla. (Tiehallinto 2001, 38–39.)



Kuva 5 Natriumkloridin olotilakuvaaja (Tiehallinto 2001, Liite 3)

Suolaus tehdään lähes aina jatkuvana koko tien käsittelevänä työnä, mutta poikkeustapauksissa voidaan käsitellä vain ongelmakohdat, kun on täysin varmaa, ettei muu tie tule liukkaaksi. Suurimmat suolamäärät kuluvat lumisateen aikaisessa suolauksessa ja muutamassa pahimmassa lumipyryssä voi kulua neljännes talven aikana tieosalle levitettävästä suolamäärästä. (Tiehallinto 2001, 39.)

Taulukko 1. Liukkaudentorjunnan annostukset g/m² eri menetelmillä. (Tiehallinto 2001, 39)

Tienpinta	Suolaliuosta g/m ²					Kostutettua suolaa g/m ²				
	0°	-2	-4	-6	-8	0°	-2	-4	-6	-8
Vähän kostea Havaittavasti tumma päällyste, laikukas Paikoin mustaa jäätä	10	10	10	10	10	5	5	5	5	5
Kostea Selvästi tumma päällyste Jäätyneenä tumma, vähän kuuraa, valot eivät heijastu	10	20	20	20	-	5	10	10	10	10
Märkä Sumuilmio alkaa kuorma-autojen perässä Jäätyneenäkin näyttää märältä, valot heijastuvat	20	30	40	-	-	10	15	15	15	20
<ul style="list-style-type: none"> • Hyvin märkää tietä ei yleensä suolata. • Lumisateen aikana kostutettua suolaa tarvittaessa auratulle pinnalle 10 – 20 g/m². • Liuos 5 g/m² voi vähentää pakkasliukkautta, menetelmä vaatii vilkkaan liikenteen. • Alijäähtynyt sade tai muu ongelmatilanne saattaa vaatia suuremman annoksen. • Kalsiumkloridiliuoksella (32-prosenttinen) taulukon arvoja alennetaan noin 25 %. 										

2.4.6 Liukkaudentorjunnan laatuvaatimukset

Tienpinnan liukkautta seurataan kitka-arvoilla. Ajoradan kitkan määrittäminen perustuu silmämääräiseen havaintoon, ajotuntumaan, taulukon 2 kelikuvaukseen ja kitkan mittaamiseen. Kitkamittarina henkilöautoissa käytetään hidastuvuuteen perustuvaa mittauslaitetta. Kitka mitataan 60 km/h nopeudesta verraten suoralla tien kohdalla, jossa ei ole yli 2 % ylä- tai alamäkeä. (Tiehallinto 2009, 10.)

Taulukko 2. Kitka-arvon ja kelin vastaavuus (Tiehallinto 2009, 10)

0,00 - 0,14	0,15 - 0,19	0,20 - 0,24	0,25 - 0,29	0,30 - 0,44	0,45 - 1,00
pääkallokeli, märkä jää, erittäin liukas	jäinen liukas	sileä polanne, tydyttävä talvikeli	pitävä jää- ja lumipolanne, hyvä talvikeli	paljas ja märkä, pitävä keli	paljas ja kuiva, pitävä keli

Ajoradan kitka on pidettävä sellaisena, että se mahdollistaa sujuvan ja turvallisen tieliikenteen. Kitkavaatimus edellyttää, että tienpinta täyttää sen liikenteen normaalisti käyttämällä tieosalla siten, että vähintään puolet ajokaistan leveydestä on kitkavaatimuksen mukainen. Tilanne, jossa kitkavaatimus toteutuu keskitiellä ja ajourien välissä, mutta ei ajourissa ei täytä vaatimusta. Vilkas liikenteisten teiden kitkavaatimukset on kuvattu taulukossa 3. Hoitoluokissa Is ja I kaikki jäätymistilanteet torjutaan ennakoivalla suolauksella niin, että liukkaus vältetään tai ainakin liukkauden haitta ja kesto minimoidaan. (Tiehallinto 2009, 14–15.)

Taulukko 3. Ajoradan kitkavaatimukset vilkkaimilla teillä (Tiehallinto 2009, 14)

Talvihoito-luokka	Kitkavaatimus	Kitkavaatimus kylmässä	Toimenpideaika (h)
Is	0,30	< -6 °C, kitka 0,25	2 h vilkkailla 0 h
I	0,28	< -4 °C, kitka 0,25	2 h
Ib ja Tib	0,25 syys- ja kevättalvi 0,25 pistehiekoitus vakiintunut talvi 0,22 linjakäsittely vakiintunut talvi		3 h (suolaus) 4 h (hiekoitus)

2.5 Liukkaudentorjuntakemikaalien sivuvaikutukset

Kemiallisilla liukkaudentorjunta-aineilla on negatiivisia sivuvaikutuksia, jotka kohdistuvat ympäristöön, erilaisiin infrarakenteisiin ja ajoneuvoihin. Liukkaudentorjunta-aineet kulkeutuvat tieltä ympäristöön pääasiassa aurauksen ja ajoneuvojen synnyttämien roiskeiden kautta. Tiealueen ulkopuolella sen kulkeutumiseen vaikuttavat eniten tienvarren kasvillisuus ja topografia. Tiesuolat leviävät noin 10 metrin säteellä tiestä eikä haittavaikutusten ole havaittu yli 20 metrin päähän. Havupuissa suolojen aiheuttamia vaurioita on puolestaan havaittu jopa 2,5 metrin korkeudella. Kalsiumkloridia pidetään yleisesti ympäristöystävällisempänä kuin natriumkloridia, mutta sen vaikutuksen rakennettuun ympäristöön ovat suuremmat. (Tiehallinto 2006, 28.)

2.5.1 Ajoneuvokorroosio

Tiesuolaus vaikuttaa ajoneuvon korroosiokestävyyteen. Korroosiovaurioita esiintyy ajoneuvojen eri osissa, kuten kori- ja alusrakenteissa, pakoputkistoissa, jäähdytysjärjestelmissä sekä sähkölaitteissa. Korroosio lisää ajoneuvojen huoltotarvetta ja tätä kautta lisää ylläpitokustannuksia ja myös ajoneuvon kolariturvallisuus voi heikentyä, jos korroosio heikentää rakenteiden lujuutta tai sähkö- ja turvajärjestelmien toimintavarmuutta. (Tiehallinto 2006, 28.)

2.5.2 Siltakorroosio

Teiden suolaus lisää teräsbetonisiltojen rakenneosien rapautumista usealla eri tavalla. Ajoradalla valua suolainen vesi tunkeutuu reunapalkkeihin ja lisää sulamis-jäätymiskertojen lukumäärää, joka lisää rakenteiden halkeilua. Näiden halkeamien kautta kloridit pääsevät tunkeutumaan rakenteen sisään, jolloin raudoituksen korroosio käynnistyy. Ajoneuvojen nostattama suolasumu, suolaroiskeet

ja avonaisten liikuntasaumojen läpi kulkeva vesi lisäävät maa- ja välitukien kloridipitoisuutta, joka käynnistää raudoituksen korroosion. (Tiehallinto 2006, 39.)

Terässilloissa ajoneuvojen nostama suolasumu ja suolaroiskeet lisäävät korroosiovaurioita noin kolmen metrin korkeudella ajoradanpinnasta. Siltojen kansirakenteiden lisäksi tiesuolat voivat vaikuttaa haitallisesti muihin siltojen rakenteisiin kuten betonitukiin, teräskehikkoihin, tukilaakereihin ja liikuntasaumarakenteisiin. Nämä rakenteet voivat altistua suolan vaikutuksille liikenteen synnyttämän sumun ja roiskeiden kautta ja mikäli sillan kansirakenteet vuotavat tai sillan kuivatusrakenteen eivät toimi oikein. (Tiehallinto 2006, 39.)

2.5.3 Varusteiden ja laitteiden korroosio

Tiesuolaus lisää ilmastollista rasitusta myös teiden varsilla olevissa metallisissa rakenteissa ja laitteissa. Näihin kuuluvat liikennemerkkit, valaisinylväät, kaiteet ja putkistot, kuten vesihuoltolinjat, paineentasausputket, tippuputket ja pintavesiputket. Myös betoniset rumpuputket ja muut rakenteet, kuten rakennusten julkisivut voivat altistua tiesuolan vaikutuksille. Tiesuola aiheuttaa korroosiota näissä tievarsien metallisissa varusteissa ja laitteissa. Korroosion merkitys on kuitenkin vähäinen verrattuna vaurioihin, jotka aiheutuvat varusteiden ja laitteiden kulumisesta, onnettomuuksista, ilkivallasta sekä liikenteen synnyttämästä tärinästä. Pylväiden ja liikennemerkkien tiheästä vaihtovälistä johtuen, korroosiovaikutus jää vähäiseksi näissä rakenteissa. (Tiehallinto 2006, 45–46.)

2.5.4 Vaikutukset kasvillisuuteen ja eliöstöön

Tienvarsien kasvillisuus altistuu tiesuolan haitallisille vaikutuksille aurauksen, ajoneuvojen ja sääolosuhteiden synnyttämien roiskeiden ja sumuttumisen seurauksena sekä kasvien juurien kautta. Haitallisten vaikutusten suuruuteen vaikuttaa tiealueen ulkopuolelle kulkeutuvan liukkaudentorjunta aineen määrä, tienvarsikasvillisuuden etäisyys tiealueesta, kuten myös maaston ojitukset, topografia, maaperän tyyppi, sekä kasvillisuuden ikä ja lajisto. Tiesuolan kertyminen kasvustoon aiheuttaa lehtien ja neulasten ruskistumista ja kärventymistä, sekä niiden ennenaikaisen putoamisen. (Tiehallinto 2006, 55.)

Tiesuolan vaikutukset tienvarsikasvustoon ovat suurimmat silloin kun tienvarressa kasvaa suolalle herkkiä lajeja. Puuvartistet kasvit ja puut kestävät suolaa huomattavasti enemmän kuin erilaiset heinäkasvit ja puulajeista mänty ja muut havupuut ovat herkempiä suolan haittavaikutuksille kuin lehtipuut. Kuivissa ja lämpimissä olosuhteissa on havaittu vaikutuksia vähemminkin herkissä lajeissa. (Tiehallinto 2006, 56.)

Natriumkloridin sisältämät natriumionit pidättyvät voimakkaasti maaperään ja nostavat sen pH-arvoa, tämän seurauksena maaperä köyhtyy kasveille elintärkeistä kalsiumista ja magnesiumista. Maaperä muuttuu alkaliseksi ja sen vedenläpäisevyys huononee. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat välillisesti kasvien kykyyn selviytyä. Kalsiumkloridista vapautuvat kalsiumionit ovat puolestaan elintärkeä

ravinne kasveille, koska sillä on huomattu olevan positiivisia vaikutuksia kasvillisuuteen kuten maaperän lisääntyneen vedenläpäisevyyden takia. Kalsium- ja natriumkloridin sisältämät kloridi-ionit vaurioittavat tienvarsien kasveja. Kalsiumkloridi vapauttaa enemmän kloridi-ioneja moolia kohti, kuin natriumkloridi joten sen haitallinen vaikutus on teoriassa suurempi kloridi-ionien osalta. (Tiehallinto 2006, 56–57.)

2.5.5 Vaikutuksen pohja- ja pintavesiin

Suurin osa liukkaudentorjuntakemikaaleista kulkeutuu tienvarsille auratessa ja pintavaluntana. Tienvarsilla kemikaaleja sisältävät vedet kulkeutuvat ojissa edelleen puroihin, jokiin ja järviin, tai imeytyvät maaperään. Kaupunkialueilla nämä vedet saattavat päätyä sadevesien mukana jätevedenpuhdistamoille. Suolojen kulkeutuminen maaperään on yleensä hidas tapahtuma, mutta paikoissa joissa maaperä on hyvin vettä läpäisevää voi muodostua kohtia, joissa vedet kerääntyvät ja suuriakin suolapitoisuuksia imeytyy vajovesien mukana maaperään. Karkearakeisessa maa-aineksessa, kuten sora- ja hiekkamaassa suotautuminen on nopeampaa kuin hienorakeisessa maassa. (Tiehallinto 2006, 57.)

Kloridi-ionien vähäinen pidättyminen maaperään aiheuttaa sen, että ne kulkeutuvat pintavaluntana suurempiin vesistöihin tai maaperän läpi vajovesien mukana pohjaveteen. Pohjavedessä ne aiheuttavat merkittävän suolaantumisriskin. Veden kohonnut kloridipitoisuus lisää putkistojen korroosioriskiä ja kasvattaa liuenneiden metallien pitoisuuksia. Hyvin korkeat kloridipitoisuudet, yli 200–300 mg/l, aiheuttavat suolaisen maun veteen, joka rajoittaa veden käyttömahdollisuuksia talousvetenä. Kloridia sisältävät tiesuolat eivät vaikuta kovin merkittävästi pintavesien laatuun ja yleensä tiesuolojen pitoisuudet laimenevat pintavesissä niin nopeasti, ettei merkittäviä haittavaikutuksia ehdi syntyä. Suolapitoinen vesi saattaa kuitenkin sotkea pienten ja suhteellisen syvien järvien tai lampien vesien sekoittumista. (Tiehallinto 2006, 58–59.)

3 SUOLAUSMENETELMIEN TARKASTELU

3.1 Tarkastelun lähtökohdat

Liukkaudentorjuntamenetelmien tarkastelun tarkoituksena on selvittää liuos-suolauksen osuus talvikaudella suoritettavasta liukkaudentorjunnassa opinnäytetyössä tarkasteltavilla alueilla. Liuos-muotoisen natriumkloridin käyttö on kustannuksiltaan pienempää kuin kostutetun suolan käyttö. Näihin kustannukseen vaikuttaa se, että suolaliuoksen levittäminen tielle tapahtuu kostutettua suolaa nopeammin, joka taas mahdollistaa pidemmät suolausreitit suolausyksikköä kohti. Kun käytetään liuosmuotoista suolaa, kuluu myös suolaa vähemmän, joka näkyy heti liukkaudentorjunnan kustannuksissa. Liuos-suolalla on myös lyhempi vaikutusaika kuin kostutetulla suolalla. Ongelmana suolaliuoksen käytössä on, että sen pitoisuus laskee jos tiellä on paljon jäätä tai lunta, joka sulaa vedeksi.

Liuosmuotoisen natriumkloridin osuus koko suolamäärästä vaihtelee hyvin paljon eri osissa Suomea, eikä asiaa voi selittää yksin ilmastollisin tai tiestön talvihoitoluokkien erolla. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan menetelmiä Keski-Suomen tiestöä ja sitä voidaan soveltaa maantieteellisesti ja ilmastollisesti vastaavaan alueeseen. Keskimäärin liuosmuotoisena levitetään 10–20% talvikaudella käytettävän suolan kokonaismäärästä.

3.2 Tarkasteltava tiestö

Menetelmävertailussa on keskitytty vilkas liikenteisiin Is- ja I-luokan teihin, joissa kuluu eniten suolaa liukkaudentorjuntaan. Suolausmenetelmiä tarkasteltiin 1.10.2014–28.2.2015 Jämsän, Äänekosken ja Pihtiputaan urakka-alueilla. Nämä alueet valittiin, koska näiden urakoiden alueella kulkee Is ja I-luokan teitä ja nämä urakka-alueet sijoittuvat maantieteellisesti edellä mainitussa järjestyksessä etelästä pohjoiseen.

Maantieteellisesti tarkasteltaessa Suomea etelä-pohjoissuunnassa, on tarkasteltava alue karkeasti katsottuna Tampereelta Ouluun. 30 vuoden pitkän ajan keskiarvoa katsottaessa on Jämsässä talvikauden keskilämpötila noin asteen korkeampi kuin Pihtiputaalla ja samaa pitkän ajan keskiarvon mukaan Jämsässä talvikauden keskimääräinen lumisadesumma on noin 170 mm, kun taas Pihtiputaalla se on lähes 200 mm. Oman vaikutuksensa alueilla oleviin pienilmastoihin tuo syksyllä avoimet ja lämpimät vesistöt. Vaikutuksen suuruus riippuu tuulen suunnasta. Esimerkiksi syksyllä sula Päijänne vaikuttaa Jämsän alueen ilmastoon etelätuulella, mutta pohjoistuulella vesistöllä ei ole juurikaan vaikutusta. Kaarto(2015-03-14).

Tarkastelu on rajattu Jämsän alueurakassa valtatiellä 9 tapahtuviin liukkaudentorjunta toimenpiteisiin, koska tämä on liikennemääriltään alueen vilkkain väylä. Koko urakka-alueen 71 kilometrin osuus Vt. 9 kuuluu korkeimpaan hoitoluokkaan Is. Liikennemäärät Vt. 9 vaihtelevat 5 500 ajoneuvosta 10 000 ajoneuvon vuorokaudessa (Liikennevirasto.fi).

Pihtiputaan ja Äänekosken alueurakoissa tarkasteluun on valittu valtatie 4 osuus, joka kulkee molempien urakka-alueiden läpi, Jyväskylästä pohjoiseen Pyhäjärven rajalle saakka. Äänekosken urakka-alueella Vt. 4 osuus on 58 kilometriä ja tästä 31 kilometriä kuuluu hoitoluokkaan Is ja Äänekoskelta pohjoiseen kulkeva osuus kuuluu hoitoluokkaan I. Liikennemäärät vaihtelevat Äänekosken alueella 4 400 ajoneuvosta lähes 12 000 ajoneuvoon vuorokaudessa (Liikennevirasto.fi). Pihtiputaan urakka-alueella Vt. 4 osuus on 81 kilometriä pitkä ja se kuuluu kokonaisuudessaan hoitoluokkaan I. Liikennemäärät tällä välillä vaihtelevat 2 700 ajoneuvosta 6 700 ajoneuvoon vuorokaudessa (Liikennevirasto.fi).

3.3 Tarkastelun suorittaminen

Tarkastelussa seurataan kaikkien kolmen alueen liukkaudentorjunta lähtöjä, mitkä ovat olleet keliolosuhteet, mikä on ollut liukkaudentorjunta toimenpide, onko ollut ennakoivaa liukkaudentorjuntaa vai onko liukkautta päässyt syntymään jo ennen toimenpiteiden aloittamista. Toimenpiteitä seurataan mobiili-sovelluksen avulla, mistä saadaan ajantasaista tietoa meneillään olevista toimenpiteistä, sekä nähdään tehdyt toimenpiteet. Näitä urakka kohtaisia toimenpiteitä ja olosuhteita verrataan keskenään näiden kolmen alueen osalta ja pyydetään arvio keliokeskuksen asiantuntijalta. Arviossa katsotaan ovatko keliolosuhteet olleet samat ja onko toimenpide ollut sama, jos toimenpiteissä on huomattavia eroja, mutta olosuhteissa ei yritetä löytää näille vastaus. Keliokeskuksen asiantuntijana toimii keliokeskuspäällikkö Seppo Kaarto ja tarkastelun pohjana käytetään tiesääsasiemien tallentamaa tietoa tiestöllä vallinneista keliolosuhteista.

3.4 Liukkaudentorjunta toimenpiteiden seuranta

Talvikausi 2014 – 2015 on ollut hankala etenkin liukkaudentorjunnan kannalta. Jämsän alueurakan työmaapäällikkö Järvenpää (2015-03-20) kertoi talven olleen hankala, koska lumisateita on ollut paljon ja ne ovat tulleet lähellä 0 °C:n, jolloin lumen irrottamiseen tienpinnasta on lähes aina tarvittu kostutettua suolaa. Järvenpää (2015-03-20) muisteli tämän olleen pahin talvi suolan kulutuksen kannalta hänen työurallaan.

Samankaltaiset kommentit sain Pihtiputaan ja Äänekosken työmaapäälliköiltä. Työmaapäällikkö Mård (2015-03-16) Äänekosken alueurakasta lisäsi, että NaCl-liuosta on heillä käytetty aina kun se on ollut mahdollista ja näin on saatu pidettyä suolan menekki ja kustannukset kohtuullisina talvikaudella. Työmaapäällikkö Leinonen (2015-03-23) Pihtiputaan alueurakasta mainitsi kuljettajien ennakkoluulojen hävinneen NaCl-liuosta kohtaan talven aikana, kun he huomasivat sen toimivan myös huonolla kelillä ja vanhalla levityskalustolla. Seuraavissa luvuissa käydään talvi 10/2014 – 02/2015 tarkemmin läpi.

3.4.1 Lokakuu 2014

14.–15.10. JA 18.–19.10.

Lokakuun ensimmäiset liukkaudentorjunta toimenpiteet on tehty Äänekosken alueurakassa 14.–15. päivän välisenä yönä ja aamuna. Jämsän sekä Pihtiputaan alueurakoissa ensimmäiset toimenpiteet

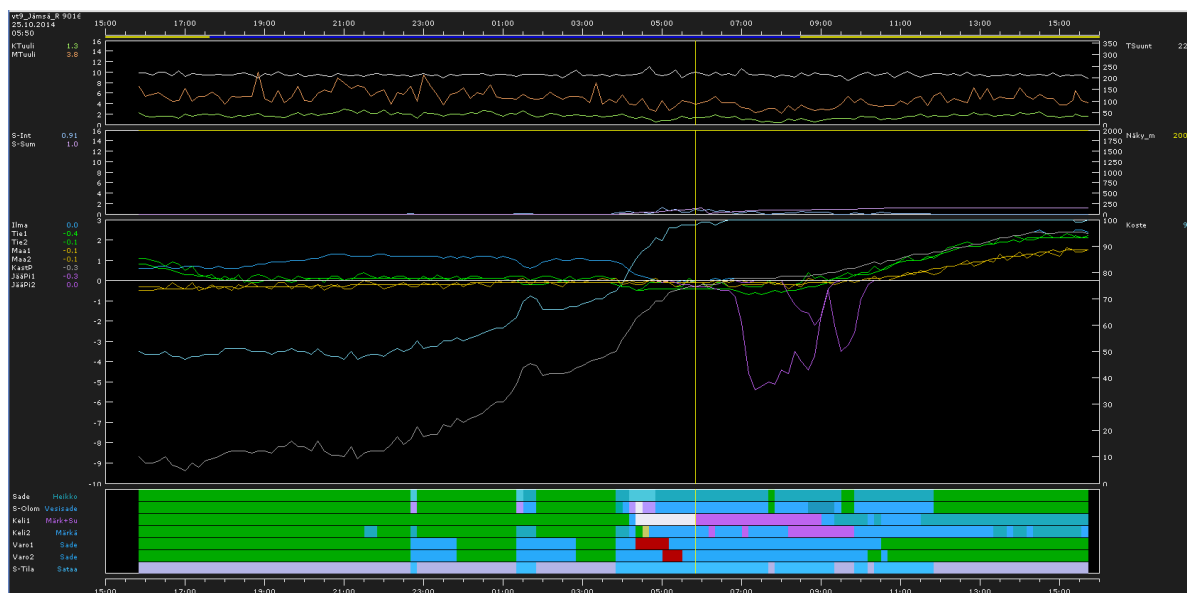
on tehty 18.–19. päivän välisenä yönä. Toimenpiteet ovat olleet ennakoivaa liukkaudentorjuntaa, koska ilman lämpötila on laskenut vasta yöllä nollan alapuolelle ja ilmassa on ollut kokoajan paljon kosteutta. Kaikki liukkaudentorjunta on hoidettu liuossuolauksella, paitsi yhdelle reitille Jämsän urakassa on ajettu kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvion mukaan liuossuolaus on ollut aiheellinen toimenpide, koska koko alueella on ollut heikkoa lumisadetta ja tienpintojen lämpötila on ollut nollassa tai sen alapuolella. Jämsässä kostutetun suolan käyttö on ollut aiheeton toimenpide, koska sääennusteet ovat luvanneet seuraavalle päivälle lämmintä ja vesisadetta.

20.–21.10.

Kaikkien kolmen urakka-alueen keliolosuhteet olleet samanlaiset, tienpinta on ollut kostea ja pinta-lämpötila on laskenut yöllä nollan alapuolelle. Äänekosken ja Pihtiputaan alueilla on käytetty liuos-suolaa, mutta Jämsän alueella on käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvio, että kaikilla kolmella alueella on ollut mainio keli liuossuolaukselle, koska tienpinta on alkanut kuivamaan heti 21. päivän aamuna.

24.–25.10.

Kaikilla urakka-alueilla on lämpötila ollut nollan rajalla tai sen alapuolella ja on ollut heikompaa tai kovempaa lumisadetta. Jämsän ja Pihtiputaan alueilla on käytetty liukkaudentorjuntaan kostutettua suolaa lumisateen alettua, mutta Äänekosken alueella on käytetty liuossuolaa ennakoon ennen sateen alkamista. Kelikeskuksen mukaan Jämsässä olisi ollut selvä liuossuolauksen keli, kuten kuva 6 näyttää, koska lämpötilat olleet nollan rajalla ja sateen määrä on ollut niin pieni. Jälkeenpäin arvioituna Äänekoskella ei olisi tarvinnut suolata ollenkaan, mutta liuossuolaus on ollut oikea vaihtoehto. Pihtiputaan alueella on tänä aikana satanut enemmän lunta ja on ollut kylmempää, tämän takia on ollut kaksi liukkaudentorjunta lähtöä samalle reitille. Pihtiputaalla on ennen sateen alkua tullut jyrkkä ilman kylmentyminen ja sade ennusteen mukaan kostutettu suolaus ollut oikea toimenpide. Pihtiputaan keli on ollut rajatapaus, sillä liuossuolaus olisi voinut toimia, jos sen yhteydessä olisi käytetty mekaanista puhdistusta.



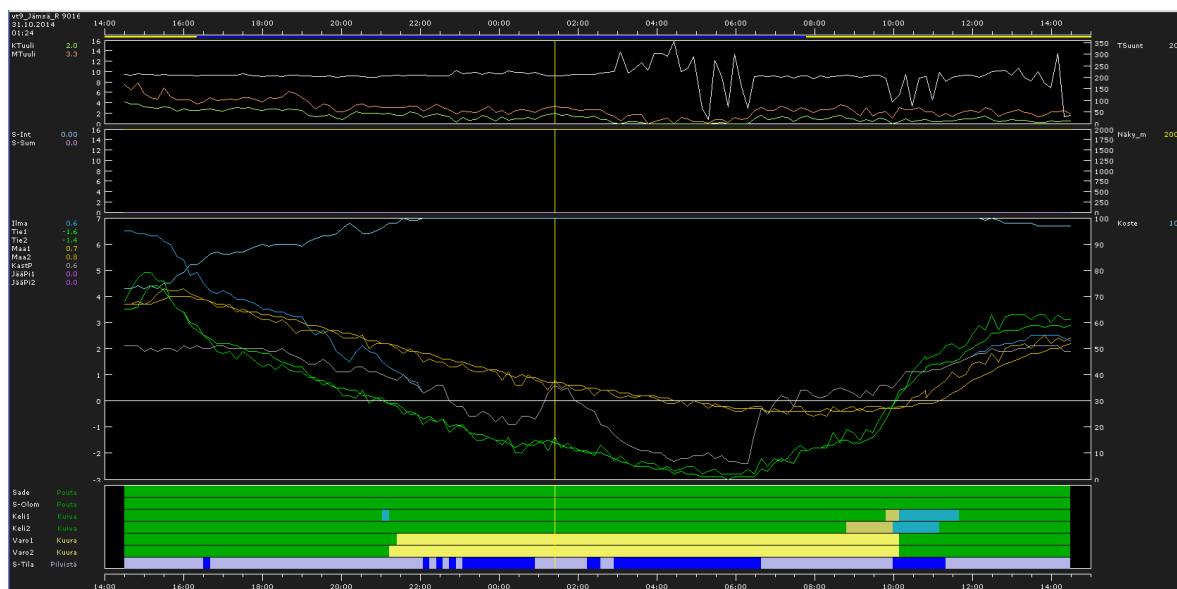
Kuva 6, Vt. 9, Jämsä, 25.10. klo 6.00 Jolloin suolaus on aloitettu, ilman lämpötila on ollut 0 °C, tien pintalämpötila on ollut -0,4 °C ja sade on ollut heikkoa vesisadetta. (Kankaanpää 2015-01-15).

29.–30.10.

Pihtiputaan ja Äänekosken urakka-alueilla on lämpötila laskenut nolla-rajalle yöllä ja tienpinnoilla on ollut mahdollista kosteutta. Tehdyt liuossuolaukset ovat olleet ennakoivia toimenpiteitä. Kelikeskuksen tietojen mukaan alueilla ei ole ollut sadetta ja tien pinnalla ollut kosteutta 0,01 mm, normaalisti tienpinta on liukas vasta kun sen pinnalla on kosteutta vähintään 0,03 mm. Pihtiputaalla tienpintalämpötila on ollut nollan rajalla ja Äänekoskella -0,5 °C, eli liuossuolaus on ollut varman päälle toimimista.

30.–31.10.

Jämsän urakka-alueella on esiintynyt kuuraliukkautta, jonka liukkaudentorjuntaan on käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskuksen mukaan sadetta ei ole ollut, tienpintalämpötila on ollut alimmillaan -3,0 °C ja kastepistelämpötila on ollut koko yön tienpintalämpötilaa korkeampi, kuten kuvasta 7 näkee. Kuuraliukkautta torjuttaessa näissä olosuhteissa liuossuolaus olisi ollut taloudellisesti kannattavampi valinta.



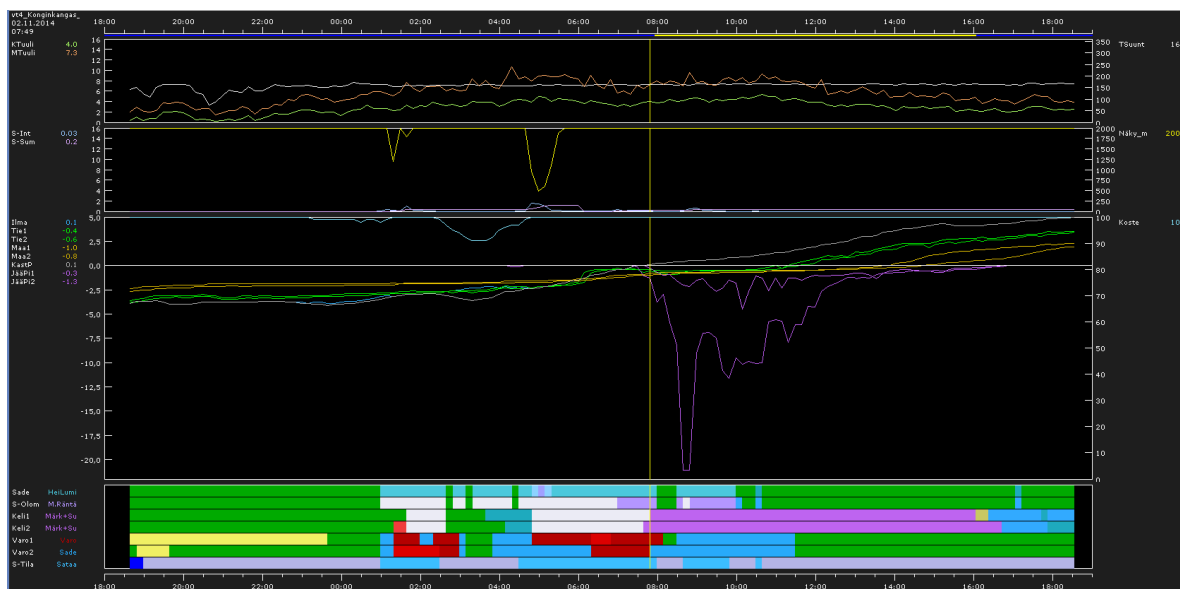
Kuva 7, Vt. 9, Jämsä, 31.10. kello 1.24. Tien pintalämpötila ollut $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja kastepistelämpötila ollut $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Kankaanpää 2015-01-15).

Lokakuu 2014 on ollut normaalia syyskeliä, alueilla on esiintynyt lähinnä vain mustaa jätää ja kuura-liukkautta ja kovia lumisateita ei ole esiintynyt kuin Pihtiputaan alueella. Jämsässä on ollut liukkauttentorjunta lähtöjä x, joista kaikki ovat olleet kostutettua suolausta. Äänekoskella lähtöjä on ollut x, jotka ovat olleet liuoslähtöjä ja Pihtiputaalla on lähtöjä ollut x, joista x on ollut liuossuolausta ja x kostutettua suolausta. Kelikeskuksen arvion mukaan kaikki nämä tilanteet olisivat olleet hoidettavissa liuossuolauksella.

3.4.2 Marraskuu 2014

2.11.2014

Jokaisessa kolmessa alueurakassa on ollut lumisadetta. Liukkauttentorjuntaan on käytetty kostutettua suolaa lumen auraamisen yhteydessä. Kelikeskuksen arvion mukaan liuossuolaus olisi toiminut tässä tilanteessa, koska lämpötila on noussut sateen aikana ja jälkeen selvästi yli $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Kuva 8)



Kuva 8, Vt. 4, Äänekoski, 2.11. kello 7.49 suolauksen aikana ilman lämpötila on jo noussut yli 0 °C. (Kankaanpää 2015-02-19).

5.11.2014

Kaikissa urakoissa on käytetty kostutettua suolaa sateen aikana, kun lämpötila on laskenut alle 0 °C ja sateen olomuoto on muuttunut lumeksi. Kelikeskuksen arvion mukaan liuossuolaus olisi ollut toimiva ratkaisu, koska kastepistelämpötila on ollut alhainen.

6.–8.11.2014

Kaikissa kolmessa urakassa on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä. Jämsässä on käytetty ennakoivaa liukkaudentorjuntaa jo 6.–7. päivän välisenä yönä. 8. päivä Äänekosken urakassa käytetty liuossuolaa ehkäisemään märkien tienpintojen jäätymistä, kun Jämsän urakassa on samaan tarkoitukseen käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskus arvioi, että kostutettu suola on ollut oikea vaihtoehto runsaan sateen takia. 8. päivä liuossuolaus olisi ollut toimiva ratkaisu.

12.11.2014

Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa tilanteessa, jossa on ollut pientä vesisadetta ja tienpinta on ollut kostea ja sen lämpötila on ollut yli 0 °C, mutta lämpötila on laskenut kokoajan. Äänekosken ja Pihtiputaan urakoissa on samassa tilanteessa käytetty liuossuolaa. Kelikeskuksen mukaan Jämsässäkin olisi pärjätty liuossuolauksella.

14.–15.11.2014

Alueilla ollut heikkoa räntä ja lumisadetta, jonka aikana Äänekoskella on käytetty liuossuolausta ja muissa urakoissa on käytetty kostutettua suolaa liukkaudentorjuntaan. Jämsässä on suola levitetty aurauksen yhteydessä. Kelikeskuksen mukaan kaikissa urakoissa olisi pärjätty liuossuolalla.

20.11.2014

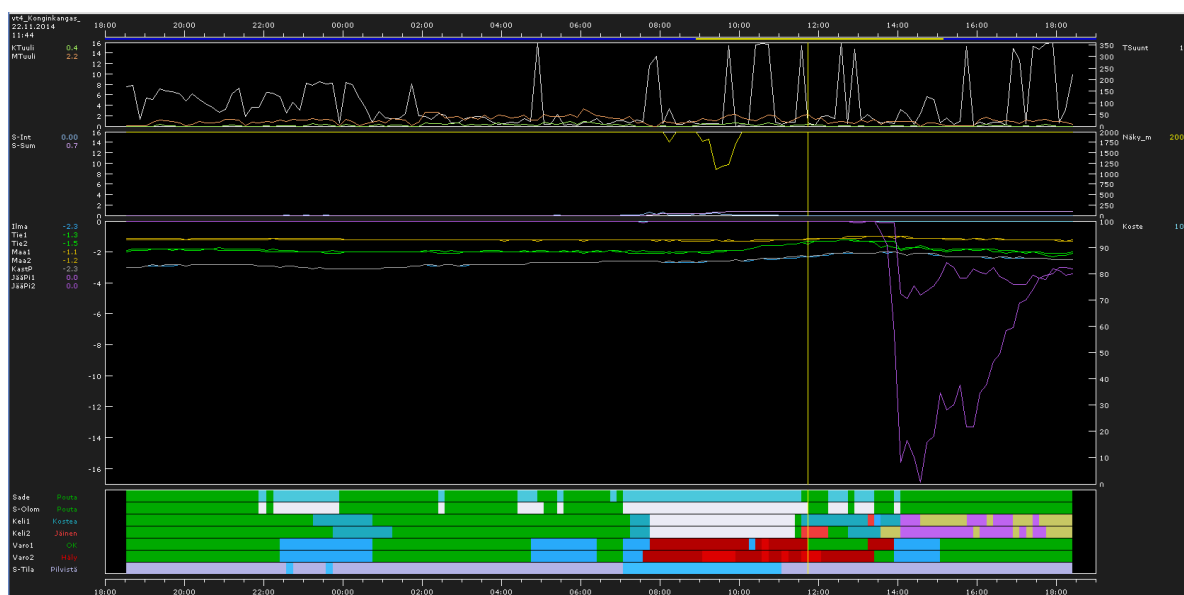
Jämsässä on ehkäisty lumisateen aiheuttamaa liukkausta kostutetulla suolalla. Kelikeskuksen mukaan tilanne olisi voinut hoitua liuossuolalla, mutta kostutettu suolaus on ollut varmempi valinta.

21.11.2014

Äänekoskella ja Pihtiputaalla on ollut heikkoa lumisadetta ja sen aiheuttamaa liukkaita on torjuttu Äänekoskella liuossuolalla ja Pihtiputaalla kostutetulla suolalla. Kelikeskuksen arvion mukaan molemmat urakat olisi voinut hoitaa liuossuolaamisella.

22.11.2014

Eri olo muodoissa tulleiden sateiden aikana on kaikissa urakoissa käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskuksen mukaan kaikilla urakka-alueilla on ollut jäätäviä sateita, jolloin kostutettu suolaus on ollut varmempi valinta. (Kuva 9)



Kuva 9, Vt. 4, Äänekoski, 22.11. kello 11.44. Tiesääaseman tiedoissa näkyvät punaiset palkit kuvaavat jäätäviä sateita. (Kankaanpää 2015-02-19).

28.11.2014

Äänekosken ja Pihtiputaan alueilla on esiintynyt kuuraliukkaita, jota on molemmissa torjuttu liuossuolauksella, joka on ollut toimivampi valinta kelikeskuksenkin mukaan.

29.–30.11.2014

Jämsässä on torjuttu kuuraliukkaita kostutetulla suolauksella, kun taas Äänekoskella samaan ilmiöön on käytetty liuossuolaa. Pihtiputaalla on ennakoitu lumisadetta käyttämällä 30. päivä illalla kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvion mukaan jokaisessa näistä tilanteista olisi toiminut liuossuola, koska kosteus on ollut vähäistä ilmassa ja tienpinnalla.

Marraskuussa 2014 Jämsässä on liukkaudentorjunta lähtöjä ollut x, jotka kaikki ovat olleet kostutettua suolausta, Äänekoskella lähtöjä on ollut x, joista x on ollut liuoslähtöjä ja x kostutettua suolausta ja Pihtiputaalla lähtöjä on ollut x, joista x on ollut liuoslähtöjä ja x kostutettua suolausta. Liukkaudentorjunta toimenpiteitä on aiheuttanut lähinnä lumi-, räntä-, sekä vesisateet ja mustaa jäätä ja

kuuraliukkautta on esiintynyt vähemmän kuin lokakuussa. Kostutettua suolaa on käytetty suurim-
paan osaan toimenpiteistä, joka onkin usein ollut liikenneturvallisuuden kannalta varmempi valinta.
Kelikeskuksen arvion mukaan kostutettu suola on ollut toimiva vaihtoehto, mutta liuosta olisi voinut
käyttää sateellakin kun lämpötila on ollut nousemassa yli nollan asteen.

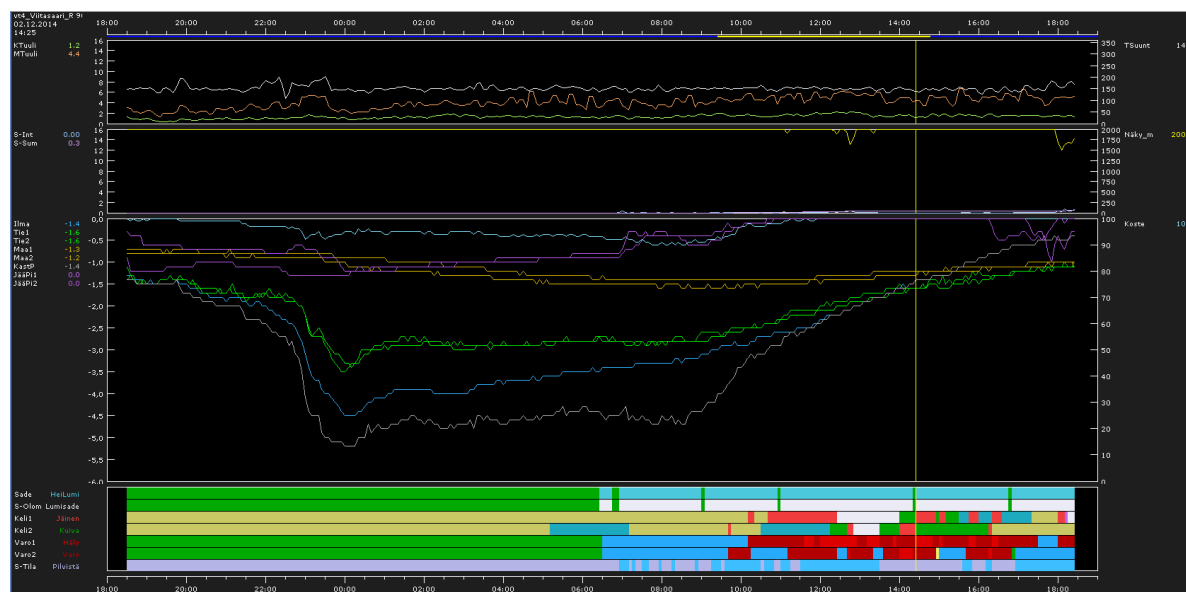
3.4.3 Joulukuu 2014

1.12.2014

Aamuyöllä sataneen lumen aiheuttamaa liukkautta on torjuttu Äänekoskella liuossuolalla ja Pihtipu-
taalla kostutetulla suolalla. Kelikeskuksen arvion mukaan liuossuola olisi toiminut molemmilla alu-
eilla.

2.12.2014

Lumisadetta ennakoivassa liukkaudentorjunnassa Äänekoskella on käytetty liuossuolaa, Jämsässä ja
Pihtiputaalla kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvion mukaan kelin lauhtuessa ja pienessä kosteu-
dessa liuossuolalaus olisi ollut myös toimiva vaihtoehto. (Kuva 10)



Kuva 10, Vt. 4, Viitasaari, 2.12. kello 14.25. Lumisade on ollut heikkoa ja keli on lauhtunut suolauksen aikana lähelle 0 °C. (Kankaanpää 2015-02-19).

3.12.2014

Pihtiputaalla on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, mikä on perusteltua. Äänekos-
kella taas on käytetty vähäisen räntä aiheuttaman liukkauden torjuntaan liuossuolaa. Jämsässä on
esiintynyt vain kuura liukkautta, jota on torjuttu kostutetulla suolalla. Kelikeskuksen mukaan, kaikki
alueet olisi voinut hoitaa liuossuolauksella.

4.12.2014

Äänekoskella ja Pihtiputaalla on esiintynyt kuuraliukkautta 4. päivä aamulla, jota on torjuttu liuos-
suolauksella. Äänekoskella on ennakoitu mahdollista yöllistä lumisadetta liuossuolauksella, kun taas

Jämsässä ja Pihtiputaalla tähän on käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvion mukaan liukkaudentorjunta toimenpiteet ovat olleet onnistuneita.

6.12.2014

Kaikilla kolmella alueella on käytetty kostutettua suolaa lumisateen alle suolatessa, sekä aurauksen yhteydessä. Kelikeskuksen mukaan teiden ollessa 6. päivä illalla märkiä ja sään kylmetessä on kostutettu suolaus ollut varmempi vaihtoehto.

9.12.2014

Kaikilla alueilla on ollut niin aamulla, kuin illallakin sadetta. Ilman lämpötilan tippuessa alle 0 °C on alkanut esiintymään liukkautta, jota on Äänekoskella torjuttu liuossuolalla ja Jämsässä ja Pihtiputaalla kostutetulla suolalla. Kelikeskuksen arvion mukaan kaikkia alueet olisi voinut hoitaa liuossuolauksella.

11.–17.12.2014

Tänä aikana on ollut lumisateita lähes jokaisena päivänä ja liukkaudentorjunta toimenpiteet ovat olleet aurauksen yhteydessä, tai lumisateen alle. Tänä aikana kaikilla kolmella alueella on käytetty vain kostutettua suolaa. Kelikeskuksen mukaan liuossuolauskin olisi joissain tilanteissa ollut mahdollinen, sillä liuossuolaus toimii lumisateen jälkeen tehtävässä liukkaudentorjunnassa, jos lämpötila on lähellä 0 °C.

18.–19.12.2014

Jämsässä käytetty kostutettua suolaa 18. päivä aamulla edellisen sateen jälkeiseen liukkaudentorjuntaan. muuten 18. ja 19. päivän aikana on käytetty kaikilla alueilla kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä. Kelikeskuksen arvion mukaan kostutettu suolaus on ollut oikea valinta sateen määrän ja ilman kylmyyden vuoksi.

20.–21.12.2014

Kaikissa kolmessa urakassa on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä 20. päivä. Lisäksi Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa 21. päivän vastaisena yönä heikon lumisateen aiheuttaman liukkauden torjuntaan. Kelikeskuksen mukaan kostutettu suola on ollut oikea valinta aurauksen yhteydessä, mutta 21. päivän vastaisena yönä Jämsässä olisi toiminut liuossuolaus.

30.–31.12.2014

Kaikissa kolmessa urakassa on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, mikä on ollut kelikeskuksen mukaan oikea toimenpide.

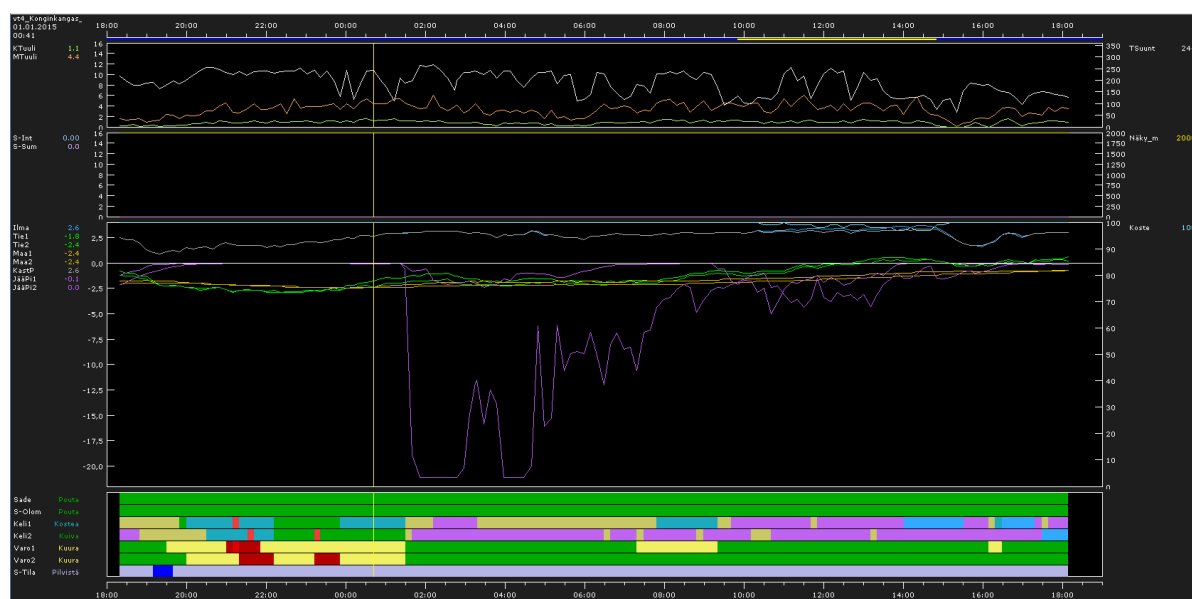
Joulukuun 2014 puolella välissä keliolosuhteet ovat muuttuneet talvisempaan suuntaan. Kovat lumisateet ja kuitenkin lähellä nollaa pysynyt lämpötila on lisännyt kostutetun suolan tarvetta liukkaudentorjunnassa. Joulukuussa liukkaudentorjunta lähtöjä on Jämsässä ollut x, jotka kaikki ovat olleet kostutetta suolausta, Äänekoskella lähtöjä on ollut x joista x on ollut liuoslähtöjä ja x kostutettua suolausta ja Pihtiputaalla lähtöjä on ollut x, joista x on ollut liuoslähtö ja loput kostutettua suolausta.

Kelikeskuksen arvion mukaan joitakin sateiden aikaisia ja sateiden välissä olleita päiviä olisi voinut hoitaa liuossuolauksella, mutta kostutettu suolaus on ollut varmempi valinta.

3.4.4 Tammikuu 2015

1.1.2015

Äänekoskella ja Pihtiputaalla on käytetty kostutettua suolaa, jolla on ehkäisty kosteiden tienpintojen jääytymistä lumisateen jälkeen. Kelikeskuksen mukaan liuossuola olisi toiminut, koska lämpötila on noussut koko ajan, mutta kosteus on ollut suuri. (Kuva 11)



Kuva 11, Vt. 4, Äänekoski, 1.1. kello 00.41. Ilman lämpötila on ollut 2,6 °C ja tienpinnan lämpötila – 1,8 °C kun suolaus on aloitettu. (Kankaanpää 2015-02-19).

2.–3.1.2015

Kaikilla kolmella alueella on käytetty kostutettua suolaa suolatessa sateen alle, tai aurauksen yhteydessä. Suolaus on lopetettu, kun ilman lämpötila on laskenut alle -5 °C, kelikeskuksen mukaan kostutettu suolaus on ollut oikea valinta jatkuvan lumisateen ja kylmenevän lämpötilan vuoksi.

7.–10.1.2015

Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä ja sateiden välissä. Suolaus on lopetettu 10. päivä kun ilman lämpötila on laskenut alle -5 °C, kelikeskuksen arvion mukaan kostutettu suolaus on ollut varmempi toimenpide, mutta liuossuolaus olisi toiminut jäätyneille tienpinnoille sateiden välissä, varsinkin 9. päivä.

14.–15.1.2015

14. päivä Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa lumisateen jälkeen. 15. päivä kaikilla kolmella alueella on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä. Kelikeskuksen mukaan kostutettu suolaus on ollut oikea vaihtoehto, koska alueilla on ollut jatkuvaa sadetta ja kuuran muodostumista tienpintaan.

16.1.2015

Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, mikä on ollut kelikeskuksenkin mukaan oikea toimenpide.

17.1.2015

Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa kosteille tienpinnoille, ennen kuin näiden lämpötila on laskenut alle 0 °C, samoin on myös toimittu Äänekoskella ja Pihtiputaalla. Kelikeskuksen arvion mukaan Pihtiputaalla on vain ollut lumisadetta ja lunta tiellä, että on tarvittu kostutettua suolaa. Jämsässä ja Äänekoskella olisi toiminut liuossuola.

18.–19.1.2015

Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä. Kelikeskuksen arvion mukaan liuossuolaus olisi voinut onnistua sateen jälkeen, mutta kostutettua suolaus on ollut varmempi toimenpide.

25.–26.1.2015

Jämsässä ja Äänekoskella on käytetty kostutettua suolaa lumisateen alle 25. päivä aamulla ja käytetty myös kostutettua suolaa auratessa yöllä. Pihtiputaalla on suolattu vasta aurauksen yhteydessä ja käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskuksen mukaan kostutettu suola on ollut oikea vaihtoehto, koska alueilla on ollut jatkuvaa sadetta ja lämpötila on ollut matala.

27.1.2015

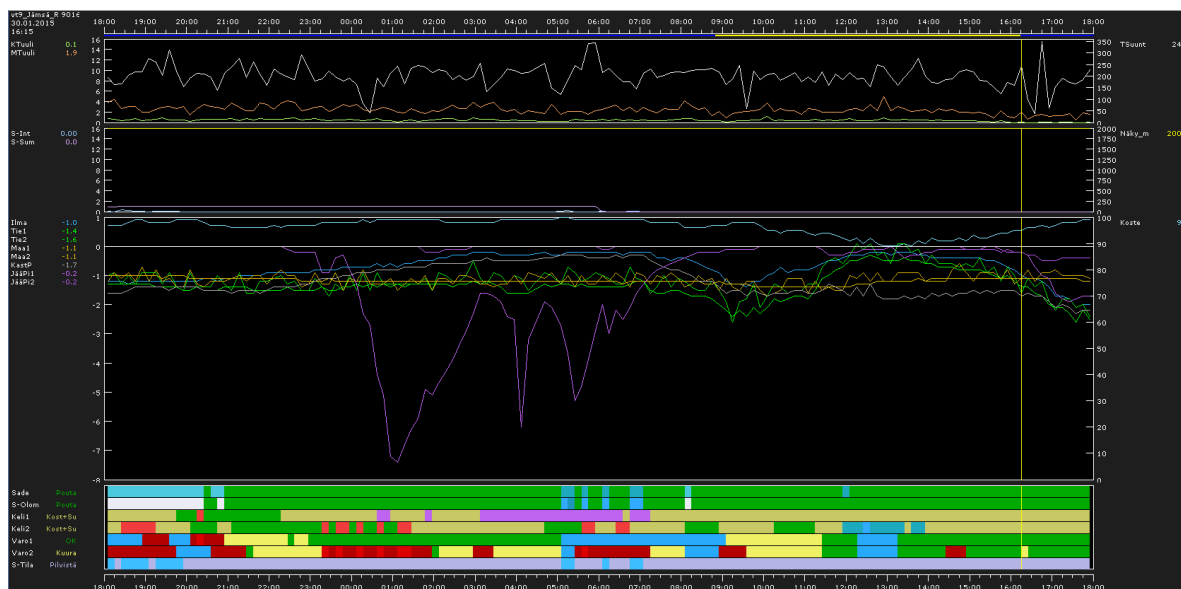
Kaikissa kolmessa urakassa on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, joka on ollut kelikeskuksen mukaan oikea toimenpide.

28.–29.1.2015

Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, joka on ollut kelikeskuksen mukaan oikea toimenpide, koska lunta on satanut useita senttimetrejä.

30.1.2015

Äänekoskella on torjuttu kuuraliukkautta liuossuolauksella ja Jämsässä on levitetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä. Kelikeskuksen mukaan Äänekosken toimenpide on ollut oikea ja Jämsäskin olisi pärjätty liuossuolauksella, koska ilman lämpötila on ollut sen verran korkea. (Kuva 12)



Kuva 12, Vt. 9, Jämsä, 30.1. kello 16.15. Ilman lämpötila on ollut $-1,0^{\circ}\text{C}$ ja tiesääasema on havainnut kuuraa tienpinnassa. (Kankaanpää 2015-02-19).

Tammikuu 2015 on ollut hankala kuukausi liukkaudentorjunnan kannalta, koska ilman lämpötila on ollut sateiden aikana lähellä nollaa ja lumisateet ovat olleet runsaita. Liuosuolausta ei juurikaan ole käytetty yhdelläkään tarkastelluista alueista. Jämsässä on suoritettu vain kostutettua suolausta ja lähtöjä tammikuussa on ollut x, Äänekoskella on lähtöjä ollut x, joista x on ollut liuoslähtö ja loput x ovat olleet kostutettua suolausta ja Pihtiputaalla on ollut x lähtöä, joista kaikki ovat olleet kostutettua suolausta. Kelikeskuksen mukaan liuksen käyttöä tammikuussa olisi ollut mahdollista lisätä sateiden jälkeen suolatessa, mutta tämä olisi edellyttänyt puhtoisia tienpintoja ilman lunta tai sohjoa.

3.4.5 Helmikuu 2015

31.1.–1.2.2015

Jämsän ja Äänekosken alueilla on käytetty kostutettua suolaa kovalla lumisateella auratessa, joka on ollut kelikeskuksenkin mukaan ainoa valinta tällaisella kelillä.

2.2.2015

Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa lumisateen jälkeen märille tienpinnoille. Kelikeskuksen mukaan toimenpide on ollut oikea, koska suolatessa on tienpinnalla ollut vielä vanhaa lunta ja suolauksen aikana on ollut heikkoa lumisadetta.

3.2.2015

Kaikilla alueilla on levitetty kostutettua lumisateen aikana, joka on ollut oikea ratkaisu, koska keli on ollut kylmä ja yhtenäinen sade on jatkunut pitkään.

5.2.2015

Jämsässä on levitetty kostutettua suolaa lumisille tienpinnoille ehkäisemään liukkaita, joka on ollut oikea toimenpide kelikeskuksenkin arviossa.

6.2.2015

Jämsässä ja Äänekoskella on käytetty kostutettua suolaa sateen vuoksi jäätävillä tienpinnoilla, mikä on ollut kelikeskuksen arvion mukaan oikea toimenpide, koska keli on kylmentynyt toimenpiteenkin aikana.

7.2.2015

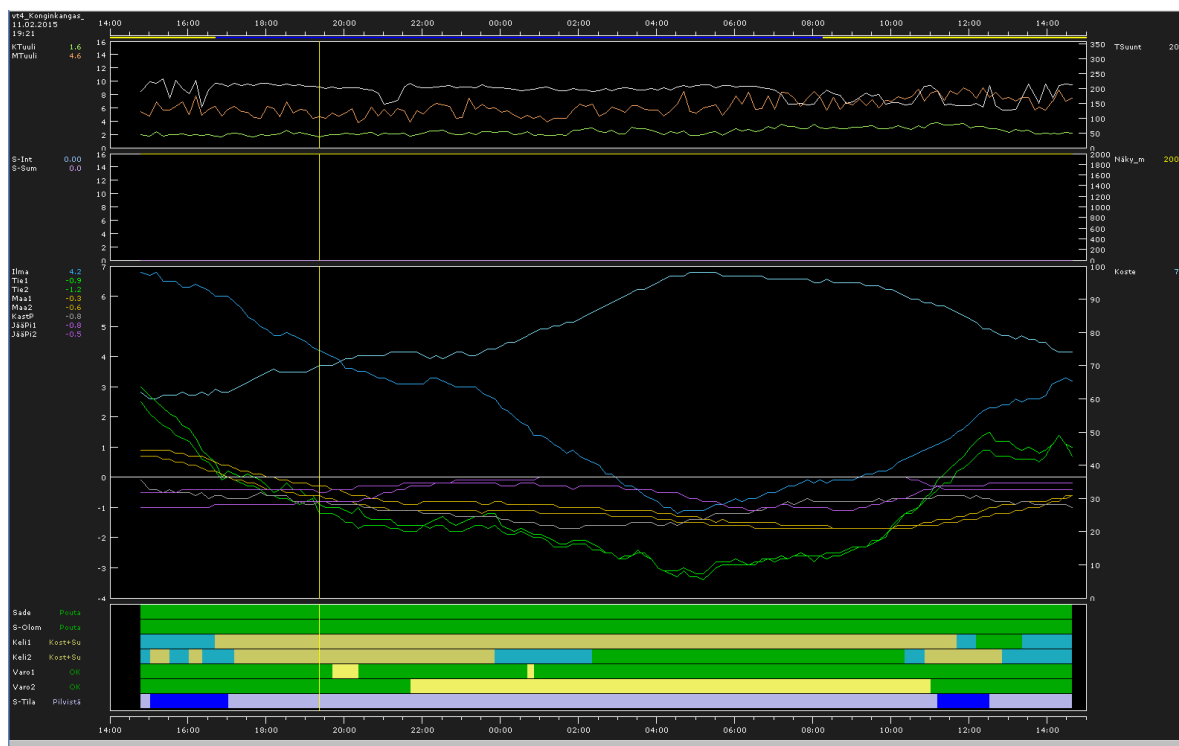
Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, mikä on kelikeskuksen mukaan ollut ainoa vaihtoehto runsaan lumisateen aikana.

9.2.2015

Jämsässä ja Pihlputaalla on torjuttu kelin lauhtumisesta johtuvaa kuuriliukkaita kostutetulla suolalla, kun taas Äänekoskella suolausreitistä riippuen on käytetty kostutettua tai liuossuolaa. Kelikeskuksen mukaan keli on illalla kuurautunut ja on esiintynyt jäätäviä sateita. Tarkkoja havaintoja ei ole saatavilla, koska tiesääjärjestelmä ei ole ollut toiminta kunnossa koko 9. päivää. Kelikeskuksen mukaan tuona päivänä tehtiin kaikilla alueilla ns. varmanpäälle suolaamista.

11.2.2013

Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa, kun kosteiden tienpintojen lämpötila on illalla laskenut alle 0 °C, kelikeskuksen arvion mukaan liuossuola olisi toiminut näissä olosuhteissa, koska lämpötila on laskenut vain noin -1 °C ja kosteutta on ollut vähän. (Kuva 13)



Kuva 13, Vt. 4, Äänekoski, 11.2. kello 19.20 Ilman lämpötila on ollut vielä 4,2 °C, mutta tienpinnan lämpötila on jo laskenut alle 0 °C. (Kankaanpää 2015-03-03).

12.2.2015

Pihtiputaan alueella on aamulla torjuttu kuuraliukkautta kostutetulla suolalla ja Jämsän alueella taas illalla on käytetty kostutettua suolaa jäätyville tienpinnoille. Kelikeskuksen arvion mukaan Jämsässä olisi ollut liuossuolan keli, mutta Pihtiputaalla on kostutettu suola ollut parempi valinta, koska on tuullut kovaa ja lämpötila on ollut kylmä.

13.2.2015

Jämsässä on esiintynyt kuuraliukkautta, jota on torjuttu kostutetulla suolalla, mutta kelikeskuksen arvion mukaan liuossuolakin olisi toiminut.

14.2.2015

Kaikilla kolmella alueella on käytetty kostutettua suolaa lumisateen aikana, mikä kelikeskuksen mukaan on ollut oikea toimenpide kelin kylmentyessä nopeasti, vaikka lumisade onkin ollut heikkoa.

17.2.–18.2.2015

Kaikilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa lumi ja räntäsateella, mikä on kelikeskuksen arvion mukaan ollut varmempi valinta, koska sateen lisäksi ilma on kylmentynyt ja tienpinnat ovat kuurautuneet.

21.2.2015

Äänekoskella ja Pihtiputaalla on aamulla torjuttu kuuraliukkautta liuossuolauksella, mikä on kelikeskuksen mukaan ollut toimiva toimenpide. Illalla samoilla alueilla on käytetty kostutettua suolaa lumisateen alle suolatessa.

22.2.2015

Kaikilla kolmella alueella on käytetty kostutettua suolaa aurauksen yhteydessä, mikä on ollut kelikeskuksenkin arvion mukaan ainoa toimiva toimenpide kovalla lumisateella.

24.2.2015

Aamulla on kaikilla alueilla käytetty kostutettua suolaa auratessa ja illalla on Äänekoskella ja Pihtiputaalla levitetty kosteille tienpinnoille liuossuolaa ja Jämsässä kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvion mukaan aamulla ainoa toimenpide on ollut kostutetun suolan käyttö, mutta illalla myös Jämsässä olisi voinut toimia liuossuola, mikäli tienpinnoilla ei ole ollut paljoa lunta ja sohjoa.

25.2.2015

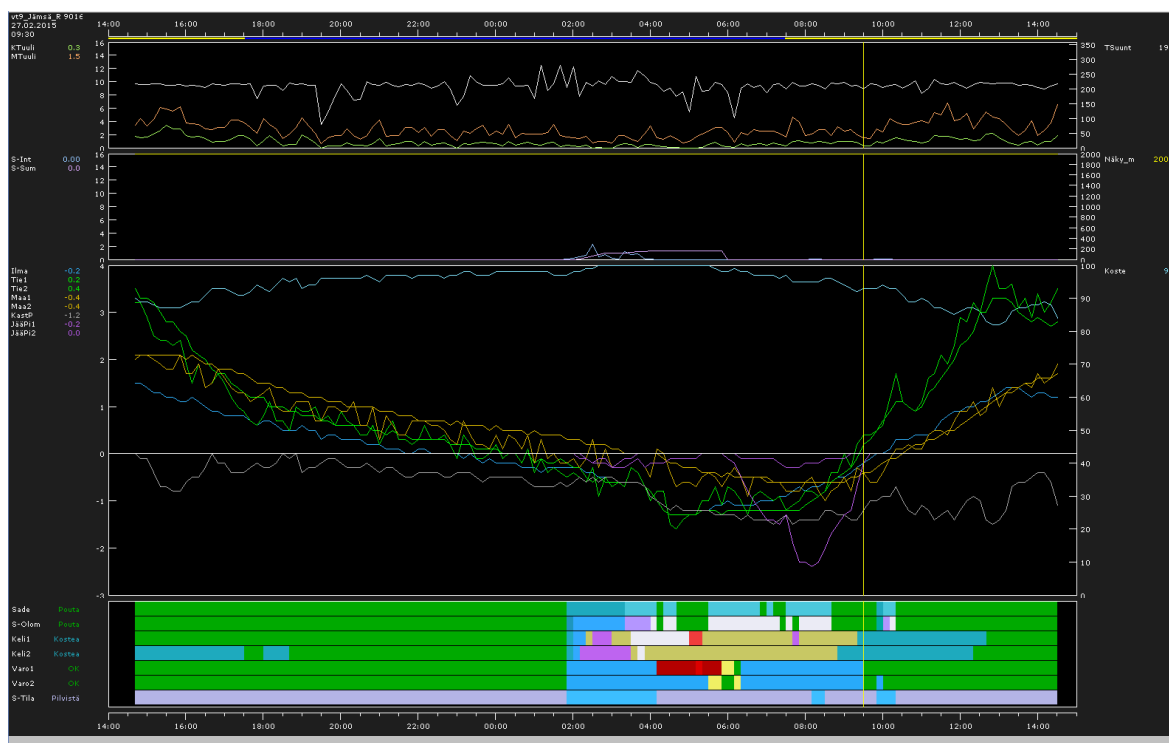
Äänekoskella ja Pihtiputaalla on illalla kosteiden tienpintojen jäätymistä torjuttu liuossuolauksella, kun taas Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa. Kelikeskuksen arvion mukaan kaikilla alueilla olisi toiminut liuossuolaus.

26.2.2015

Jämsässä on käytetty kostutettua suolaa illalla lämpötilan laskiessa alle 0 °C, kelikeskuksen arvion mukaan liuossuolakin olisi toiminut.

27.2.2015

Jämsässä on aamulla torjuttu kuuraliukkaita kostutetulla suolalla, kelikeskuksen mukaan liuossuola olisi toiminut aivan yhtä hyvin, koska aurinko on alkanut lämmittämään ja kuivattamaan tienpintaa jo aamupäivällä. (Kuva 14)



Kuva 14, Vt. 9, Jämsä, 27.2. kello 9.30 Ilman lämpötila on ollut -0,2 °C ja tienpinnan lämpötila on ollut jo yli 0 °C, jolloin tienpinta on alkanut sulamaan ja kuivamaan. (Kankaanpää 2015-03-03).

Helmikuun 2015 aikana on ollut niin talvisia lumisateita, kuin keväistä auringon paistetta ja yöpakkasia. Lumisateiden aikaan on käytetty yleisesti kostutettua suolaa liukkaudentorjuntaan. Yöpakkasten aiheuttamaa liukkautta on aloitettu torjumaan myös liuossuolauksella, mutta on myös käytetty kostutettua suolaa. Jämsässä liukkaudentorjunta lähtöjä on ollut x ja kaikissa on käytetty kostutettua suolaa, Äänekoskella lähtöjä on ollut x, joista x on ollut liuoslähtöjä ja x kostutettua suolausta ja Pihlputaalla lähtöjä on ollut x, joista x on ollut liuoslähtöjä ja x kostutettua suolausta. Kelikeskuksen mukaan liuossuolaus on ollut toimiva toimenpide yöpakkasten aiheuttamalle liukkaudelle.

3.5 Tulokset

Liukkaudentorjunta toimenpiteet vaihtelevat tarkasteltavilla alueilla, vaikka säätila on samankaltainen. Yhteistä eri alueurakoilla tehtävissä toimenpiteissä on se, että aina kun on satanut vettä, rännää tai lunta, on käytetty kostutettua suolaa. Tosin Äänekosken urakassa on heikoilla sateilla käytetty myös liuossuolausta, joka lähellä 0 °C lämpötilaa on ollut toimiva ratkaisu. Tämä on edellyttänyt sitä, ettei tienpinnalla ole ollut valmiiksi sohjoa tai lunta.

Talvi 2014–2015 on ollut hankala talvihoidon kannalta, koska lämpötilat ovat heitelleet nollakelistä aina -25 °C pakkasiin aivan viikon sisällä. Lisäksi on ollut lumisateita, joissa on parhaimmillaan satanut lunta yli 10 cm vuorokauden aikana. Tällaisia säätilan vaihteluita on esiintynyt aina joulukuun 2014 puolesta välistä, helmikuun 2015 loppuun saakka. Nämä ilmiöt taas ovat näkyneet suurena suolan kulutuksena ja varsinkin suurena kostutetun suolan osuutena.

Taulukkoon 4 on kerätty liukkaudentorjunta lähdöt eri suolausmenetelmillä ja käytetyt suolamäärät kuivatonneina kuukausittain. Jämsän alueurakassa 10/2014 – 02/2015 käytetystä suolasta on x % levitetty liuoksena ja x % kostutettuna rakeena. Tarkastelun aikana ilmeni, että Jämsän alueurakassa lähes kaikki päätiestöllä tapahtuvat liukkaudentorjunta toimenpiteet olivat kostutettua suolausta, joka ilmenee myös taulukosta 4. Tähän selityksenä on liuossuolaukseen sopimaton kalusto, sillä työmaapäällikkö Järvenpään (2015-01-26) mukaan Jämsän alueurakassa ei ole käytössä talvisuolaukseen sopivia liuossäiliöitä kuorma-autoihin ja suolausautomaattien liuossäiliöt ovat niin pienet, ettei niihin mahdu riittävästi suolaliuosta kokonaisuudelle suolausreitille. Tästä johtuen käytetään kostutettua suolaa täysien reittien ajamiseksi, jonka kustutus prosentti taas on suuri, koska liuoksen osuus käytetystä suolasta on jopa x %.

Äänekosken alueella on myös x % suolan kokonaismäärästä levitetty liuoksena ja x % kostutettuna rakeena. Taulukosta 4 näkee sen, että Äänekosken urakassa on liuoslähtöjä huomattavasti enemmän kuin muilla tarkastelluilla urakoilla. Talven tarkastelusta selvisi, että Äänekoskella käytetään liuossuolaa huonommissa olosuhteissa kuin muilla alueilla, tuloksen kuitenkin ollessa sama.

Pihlputaan alueella 10/2014–02/2015 on liuoksena levitetty x % käytetystä suolasta ja kostutettuna x % käytetystä suolasta. Kostutetun suolan osuus on todella suuri verrattuna muihin tarkasteltuihin urakoihin, vaikka taulukosta 4 huomaa, että puhtaita liuoslähtöjäkin on ollut. Osa syynä tähän on

työmaapäällikkö Leinosen (2015-03-23) mukaan Pihtiputaan urakka-alueelle jo alkutalvesta kohdistuneet kovat lumisateet, sekä urakassa käyttöikänsä lopussa oleva suolan levityskalusto.

Taulukko 4. Liukkaudentorjunta lähtöjen toimenpiteet ja yhteismäärät lokakuu 2014 - helmikuu 2015

Lähtöjen lkm. Liuos Kostutettu Yht. Liuos (t) Kostutettu (t) Yht. (t)

Jämsä

Lokakuu						
Marraskuu						
Joulukuu						
Tammikuu						
Helmikuu						
Yhteensä						

Äänekoski

Lokakuu						
Marraskuu						
Joulukuu						
Tammikuu						
Helmikuu						
Yhteensä						

Pihtipudas

Lokakuu						
Marraskuu						
Joulukuu						
Tammikuu						
Helmikuu						
Yhteensä						

Säätilan huolellisella tarkkailulla on mahdollista lisätä liuossuolan käyttöä myös tarkastelluilla alueilla. Tämän opinnäytetyön tarkastelun aikana jokaisella urakka-alueella on ollut kuuraliukkaus tilanteita sekä tienpinnan jäätymistä lähellä 0 °C, mitkä olisivat hoituneet liuossuolalla, mutta on käytetty kostutettua suolaa. Vaikka liukkaudentorjuntaa tehdään ennakoivasti ja ennusteiden pohjalta, niin tällaisten tilanteiden havaitsemisella voi helposti kasvattaa liuossuolauksen osuutta alueurakoilla.

Kelikeskuksen arvioissa on huomattavissa, että urakoilla käytetään kostutettua suolaa ns. varman päälle suolaamiseen. Tämä ei ole väärä toimenpide liikenneturvallisuuden kannalta, mutta taloudellisesti näkökulmasta katsottuna tulisi toimenpiteitä harkita tarkkaan. Toisaalta kelikeskuksen arviot tässä opinnäytetyössä perustuvat tiesääasemien historiatietoon, jolloin urakka-alueilta on saatu keli-tietoa vain yhdestä tienkohdasta ja täten ei ole ollut tietoa vallitsevasta säätilasta koko urakka-alueella. Koska hoitourakoissa tehtävät toimenpiteet perustuvat sään ja muiden olosuhteiden ennakkointiin on työnjohdon ja työntekijöiden paikallistuntemus ratkaisevassa asemassa tehtäessä päätöksiä tarvittavista toimenpiteistä.

Liitteessä 1 on taulukoitu Jämsän, Äänekosken ja Pihtiputaan urakoiden suolan kulutukset kuukausittain talvelta 10/2014–02/2015. Taulukkoon on eritelty liuoksena levitetty suola (t) ja kostutettuna levitetty suola (t), sekä näiden suolojen hankintakustannukset (€). Lisäksi liitteessä 1 on taulukko, jossa on laskennallisesti kasvatettu liuossuolan osuutta 20 %. Näin laskettuna Jämsässä ja Äänekoskella olisi mahdollista tehdä noin x % säästöt ja Pihtiputaalla noin x % säästöt suolan hankintakustannuksissa, kun lisättäisiin liuossuolauksen osuutta tämä 20 %.

4 TALOUDELLISUUSTARKASTELU

4.1 Lähtökohdat

Taloudellisuuden tarkastelussa selvitetään, onko natriumkloridiliuoksen valmistaminen ja sen kuljettaminen alueurakoiden varastoihin alueurakoitsijan toimesta kustannuksiltaan halvempaa, kuin valmiin kalsiumkloridiliuoksen käyttäminen. Kalsiumkloridiliuos tilataan suoraan sen toimittajalta valmiina ja sen pitoisuus on 32 % (massaprosenttia). Natriumkloridiliuosta valmistetaan alueurakoissa niiden omilla liuosasemilla NaCl-rakeesta ja vedestä. Liuoksesta pyritään tekemään pitoisuudeltaan 23 % (massaprosenttia). NaCl-liuoksen ja CaCl_2 -liuoksen toimivuudessa ei ole juurikaan eroa niiden pääasiallisessa käyttölämpötilassa, kuten kuva 4 osoittaa. Suuria eroja liuosten sulatuskyvyssä ja sulana pysymisessä syntyy vasta kun lämpötila putoaa alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Keski-Suomessa Destia Oy:n urakoimissa viidessä alueurakassa on käytetty talvikauteen 2013–2014 asti niin natriumkloridiliuosta kuin kalsiumkloridiliuosta liukkaudentorjunnassa. Talvikautena 2014–2015 siirryttiin kaikissa alueurakoissa käyttämään natriumkloridiliuosta. Suurin syy tähän muutokseen on kalsiumkloridin korkea hankintahinta. Lisäksi päätöstä puoltaa Destia Oy:n mahdollisuus valmistaa natriumkloridiliuosta omilla liuosasemilla Keski-Suomessa. Liuosasemia Destia Oy:llä on Keski-Suomessa kaksi kappaletta, toinen Jyväskylässä ja toinen Jämsässä.

4.2 NaCl-liuoksen valmistus

Natriumkloridiliuos sekoitetaan liuosasemassa rakeisesta natriumkloridista ja puhtaasta vedestä. Asemat koostuvat yleensä sekoitussäiliöstä ja varastosäiliöstä, johon valmis liuos pumpataan. Liuosaseman toiminnan tulee olla pitkälle automatisoitua, jotta liuoksen valmistus ei sido henkilöstöä. Aseman teho ja koko on mitoitettava käyttötarpeen mukaan, myös aseman rakenteet, sijainti ja pumppujen teho tulee valita niin, että suolarakeen kuormaus ja valmiin liuoksen nouto on helppoa ja nopeaa. Valmiin liuoksen pitoisuus on oltava vähintään 23 % (massaprosenttia), kuitenkin väkevämman liuoksen valmistusaika pitenee merkittävästi ja saavutettu hyöty on vähäinen. Liuoksen väkevyys voidaan määrittää areometrillä, kun tiedetään liuoksen pitoisuutta vastaava tilavuus paino, jotka on kerrottu taulukossa 5. (Tiehallinto 2001, 46.)

NaCl		CaCl ₂	
Pitoisuus %	Tilavuuspaino	Pitoisuus %	Tilavuuspaino
18	1.14	25	1.24
20	1.16	26	1.25
21	1.16	27	1.26
22	1.17	28	1.27
23	1.18	29	1.28
24	1.19	30	1.30
25	1.20	35	1.35
26	1.21	40	1.40



Taulukko 5, Natrium- ja Kalsiumkloridiliuosten tilavuuspainoja (kg/dm³), sekä tilavuuspainon mittaamiseen käytettävä areometri. (Tiehallinto 2001, 46.)

4.2.1 Jyväskylä

Jyväskylän liuosasemalla valmistetaan NaCl-liuosta Karstulan, Pihtiputaan ja Äänekosken alueurakoitten tarpeisiin. Asema sijaitsee Destian tukikohdassa, Kuokkalan kaupunginosassa ja aseman toimintaa esitteli aliurakoitsija Ruuska (2015-01-13). Liuosasemalla voidaan valmistaa 10 m³ liuosta yhdellä kertaa ja sen yhteydessä on 30 m³ ja 15 m³ varasto säiliöt kuvassa 15, suurimmillaan liuosta voi olla valmiina 55 m³ kerralla. Asema on sijoitettu suolahallin sisään, jossa se on sääsuoja, mikä vähentää epäpuhtauksien joutumista liuokseen. Tämä myös helpottaa suolarakeen kuormaamista liuosasemaan, materiaalin ja aseman sijaitessa samassa tilassa. Jyväskylän liuosasemalla liuoksen valmistaminen suorittaa aliurakoitsija.



Kuva 15, Jyväskylän liuosasema (Kankaanpää 2015-01-13)

Valmistettaessa NaCl-liuosta syötetään NaCl-rae ja vesi samanaikaisesti. Vesi tulee suoraan säiliöön kaupungin vesijohtoverkosta ja suolarae syötetään kuormaajalla syöttösuppilon. Jyväskylän asemassa kuvassa 16 esitetty suolan syöttösuppilo on mitoitettu niin, että täysi suppilollinen suolaa sekoitettaessa 10 m³ vettä, tulee valmiista liuksen pitoisuudesta noin 23 %. Tämä mahdollistaa, ettei aina liuosta tehdessä tarvitse lisättävää suolaa punnita ja näin nopeuttaa suolan kuormaamista. Liuosta sekoitetaan erillisellä sekoituspumpulla keskimäärin 1,5 tuntia, jotta liuksesta tulee tasalaatuista. Tämän jälkeen liuos on valmista ja se voidaan siirtää varastosäiliöihin siirtopumppujen avulla.



Kuva 16, Suolarakeen syöttösuppilo Jyväskylässä (Kankaanpää 2015-01-13)

Jyväskylän liuosasema on osin automatisoitu työn helpottamiseksi, sillä sekoitukseen käytettävä pumppu toimii ajastimella, eli se sammuu automaattisesti 1,5 tunnin sekoittamisen jälkeen. Lisäksi valmistus säiliössä on liuoksen ylä- ja alapintaa tarkastelevat pinta-anturit, jotka katkaisevat veden tulon säiliön ollessa täynnä, tai vaihtoehtoisesti katkaisevat tyhjennyksen säiliön tullessa tyhjäksi. Liuoksen pitoisuus tarkastetaan sitä valmistettaessa 2-3 kertaa työvuoron aikana.

4.2.2 Jämsä

Jämsän liuosasema sijaitsee Destia Oy:n Jämsän tukikohdassa, jossa sen toimintaa esitteli kuljettaja Markki (2015-01-26) ja tällä asemalla valmistetaan NaCl-liuosta Jämsän ja Keuruun alueurakoiden tarpeeseen. Asemassa on 15 m³ sekoitussäiliö ja 30 m³ varastosäiliö, eli liuosta valmiina voi olla 45 m³ kerralla. Kuvassa 17 on Jämsän liuosasema, se on sijoitettu omaan katokseen heti suolavaraston viereen, jossa siihen on helppo kuormata suolaraetta ja siitä on helppo noutaa valmista liuosta. Jämsässä liuoksen valmistamisen suorittaa Destian omat työntekijät.



Kuva 17, Jämsän liuosasema (Kankaanpää 2015-01-26)

Liuoksen valmistus eroaa hieman Jyväskylän prosessista, koska Jämsän liuosasema on hieman suurempi. Liuosasemaan tulee vesi suoraan kaupungin verkosta, suolarae syötetään syöttösuppiloon kuormajalla, josta se liukenee veteen. Tässä asemassa syöttösuppilo on myös mitoitettu niin, että se täyteen syötettäessä tulee liuoksen pitoisuudeksi noin 23 %. Liuoksen sekoittamiseen ei tässä asemassa ole erillistä pumppua vaan se sekoittuu tulevan veden paineesta. Koko 15 m³ valmistamiseen kestää noin 2 tuntia.

Varastosäiliössä on oma pumppu, jolla siirretään valmis liuos sekoitussäiliöstä varastosäiliöön. Sama pumppu kierrättää liuosta varastosäiliössä noin 15 minuutin välein, jottei liuos jäädy kovalla pakkasella säiliöön. Tämä sekoittaminen varmistaa myös sen, että säiliöstä otettava suolaliuos on tasalaatuista. Jämsä liuosaseman käytössä ei ole automatiikkaa, joten työntekijän on valvottava aseman toimintaa koko liuoksen valmistamisen ja varastosäiliöön siirtämisen ajan.

4.3 Liuoksen varastointi

Suolaliuoksen varasto tilavuudet vaihtelevat eri urakoilla samoin, kuin liuosasemien varastotilavuudet. Opinnäytetyössä tarkasteltavissa hoitourakoissa, joissa on ennen käytetty CaCl₂-liuosta ovat varasto säiliöt suuremmat, kuin urakoissa joissa on käytetty NaCl-liuosta. Tämä voi muodostua ongelmaksi varsinkin Jyväskylässä, josta kuljetetaan liuosta kolmeen eri alueurakkaan. Jyväskylästä toimitetaan NaCl-liuosta Karstulan alueurakkaan jonka varastotilavuus on 65 m³, Pihtiputaan alueurakkaan jonka varastot sijaitsevat Viitasaarella ja niiden tilavuus on 50 m³, sekä Äänekosken alueurakkaan jonka varastot sijaitsevat Laukaassa ja niiden tilavuus on 30 m³.

Jyväskylän liuosasemalla voi olla varastossa enintään 55 m^3 valmista NaCl-liuosta, joka vastaa noin 38 % koko asemalla hoidettavan alueen varastotilavuudesta. 10 m^3 valmistamiseen Jyväskylässä kuluu 2 tuntia aikaa, eli koko varastotilavuuden täyttämiseen kuluu 11 tuntia. Jos käy tilanne, että useamalta kuin yhdeltä alueurakalta on liuos loppunut, ei Jyväskylän liuosasema pysty toimittamaan niiden varastoja täyteen yhden työpäivän aikana. Jämsässä liuosasema pystyy tuottamaan tarvittavan määrän NaCl-liuosta jatkuvasti. Tämä johtuu siitä, että Jämsän liuosasemalla valmistetaan liuosuolaa vain oman ja Keuruun alueurakan käyttöön.

4.4 Laskelmat

Laskelmissa on selvitetty kulut, joita muodostuu valmistettaessa NaCl-liuosta omalla liuosasemalla Jyväskylässä ja Jämsässä. Lisäksi selvitetään liuoksen kuljettamisesta syntyvät kulut eri urakoiden varastoihin. Näitä yhteenlaskettuja kuluja verrataan suoraan urakoille toimitetun CaCl_2 -liuoksen hintaan, jotta selviää, kumpi on taloudellisesta kannattavampi tapa toimia. Laskentaan käytettävät tiedot näkyvät liitteessä 2 olevassa taulukossa, myös laskenta ja tulokset näkyvät tässä taulukossa.

NaCl-liuoksen valmistamiselle ja kuljettamiselle lasketaan kuutiohintaa, eli €/m³. Toimittaja ilmoittaa CaCl_2 -liuoksen hinnan €/t varastoon toimitettuna, mutta kalsiumkloridiliuokselle lasketaan myös kuutiohintaa muuntokertoimen avulla. Kaikki laskennassa käytettävät hinnat ovat ilman arvonlisäveroa.

4.4.1 Natriumkloridiliuoksen valmistuskustannukset

NaCl-liuoksen valmistukseen liittyviä kuluja ovat käytettävä vesi ja suola, valmistamiseen tarvittava sähkö, suolan syöttämiseen tarvittava kuormaaja, sekä liuosta valmistava työntekijä. Kaikki nämä kulut on jaettu valmista, varastosäiliössä olevaa liuoskuutiota kohti. Suurin kulu liuoksen valmistamisessa on käytettävä suola, joka muodostaa lähes 2/3 liuoksen hinnasta. Veden hinta vaihtelee kunnittain, joka tekee suuren vaikutuksen liuoksen kuluihin, sen ollessa toiseksi suurin kulu, suolan jälkeen. Veden hinnassa on huomioitu veden kuutiohintaa ja mahdolliset kuukausimaksut.

Sähkökulutuksessa on huomioitu liuoksen sekoittamiseen tarvittavan pumpun kulutus, sekä liuoksen varastoon siirtämiseen tarvittavan pumpun sähkökulutus. Sähköhinnassa on otettu huomioon energian hinta, sähkönsiirtohintaa ja yhtiökohtaiset kuukausimaksut. Työntekijälle on laskettu työmenekki liuoskuutiota kohti (tth/m³). Tämä vaihtelee Jyväskylässä ja Jämsässä liuosasemien automaatioasteen vuoksi, ollen Jyväskylässä pienempi.

Kuormaajalle on myös laskettu työmenekki, joka on konetyötuntia/liuoskuutio (kone-h/m³). Jyväskylässä kuormaajan panos on hieman suurempi, liuosaseman pienemmän tilavuuden vuoksi. Työntekijän ja kuormaajan kulut ovat laskettu ulkopuoliselta ostetun työn tuntihinnalla. Tähän hintaan sisältyvät kaikki kulut joita muodostuu työntekijästä ja kuormaajasta. Liuosasemien ollessa omia ja vanhoja ei niille lasketa hankinta- tai kuolettamiskuluja. Liuosasemien erot valmistamistilavuuksissa ja automaatioasteessa tasoittavat toistensa vaikutuksia kuluissa.

4.4.2 Natriumkloridiliuoksen kuljetuskustannukset

NaCl-liuoksen kuljetuskustannukset on johdettu olemassa olevasta laskutustiedosta, kun liuoksen kuljettamiseen on käytetty aliurakoitsija kalustoa ja työntekijöitä. Kuljetukselle on laskettu kilometrikustannus (€/km), joka on johdettu urakoitsijan laskuttamasta kuljetusten tuntihinnasta (€/h). Laskutetut tunnit ovat sisältäneet liuoksen kuormaamisen kuljetusyksikköön, jonka tilavuus on 30 m³, liuoksen kuljettamisen toisen alueurakan varastoon, kuorman tyhjentämisen varastoon ja paluumatkan. Nämä kaikki on sisällytetty laskettuun kilometrikustannuksiin kuutiota kohti.

Johdettaessa näitä kustannuksia on tarkasteltu useita toteutuneita kuljetuksia ja niiden laskutusta. Näistä tarkasteluista saaduista tuloksista on laskelmissa käytetty keskimääräistä kilometrikustannusta. Suurin vaikuttaja kuljetuskustannuksiin on kuljetus matka, joka tässä tarkastelussa lyhimmillään oli Äänekoskelle 40 kilometristä ja pisimmillään Karstulaan 103 kilometriin. Tämä näkyy tuloksissa suurena hintaerona NaCl-liuoksessa varastoon toimitettuna.

4.5 Tulokset

NaCl-liuokseen valmistamiseen selvitettyjen menekkien ja kulujen avulla on selitetty valmiin NaCl-liuoksen hinta Jyväskylässä valmistettuna ja Jämsässä valmistettuna. Jyväskylässä valmistettuna NaCl-liuos maksaa x €/m³ ja Jämsässä valmistettuna x €/m³. Tämä noin euron ero syntyy veden hinnasta ja Jämsän valmiudesta valmistaa suurempi erä liuosta yhdellä kertaa, toisaalta taas Jämsän valmistus hintaa nostaa miestyön määrä.

Kuljetuskustannukseksi saatiin x €/km/m³ ja tällä kustannuksella laskien maksaa 1 m³ NaCl-liuosta toimitettuna Karstulaan x €, Viitasaarelle x €, Äänekoskelle x € ja Keuruulle x €. Kuljetuskustannus voi vääristyä merkittävästi, jos kuormaa lastatessa tai purettaessa kuluu suunniteltua enemmän aikaa. Tämä vaikutus näkyy varsinkin lyhemmillä kuljetusmatkoilla.

Näillä kustannuksilla laskettaessa, CaCl₂-liuoksen ollessa Karstulaan ja Viitasaarelle varastoon toimitettuna noin x % kalliimpaa ja Keuruulle, sekä Äänekoskelle noin x % kalliimpaa on hyvin perusteltua siirtyä jokaisessa käsitellyssä alueurakassa käyttämään NaCl-liuosta kustannussäästöjen aikaan saamiseksi. Vaikka Keuruun ja Äänekosken kohdalla kuljetuskustannus tuplaantuisi x €/km/m³ on silti NaCl-liuos noin x % halvempaa kuin CaCl₂-liuos.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella kemiallisen liukkaudentorjunnanmenetelmiä, sekä käytettäviä kemikaaleja voidaan saada aikaiseksi kustannussäästöjä ilman, että tingitään liikenneturvallisuudesta. Kostutetun suolan käytön vähentäminen liukkaudentorjunnassa on kannattavaa taloudellisesti, mutta myös ympäristön kannalta, koska liuossuolan levittämiseen tarvitaan vähemmän kalustoa ja sen mukana luontoon kulkeutuu vähemmän ympäristöä rasittavia kemikaaleja.

Säätilan tarkalla seurannalla on mahdollista lisätä liuossuolan käytön osuutta tässä opinnäytetyössä tarkastelluilla alueilla. Ennakoimalla keliolosuhteet tiestöllä oikein ja käynnistämällä liukkaudentorjunta toimenpiteet oikeaan aikaan, saadaan suurin osa nykyisistä kostutetulla suolalla tehdystä liukkaudentorjunnasta suoritettua liuossuolauksella. Tosin vesi-, räntä- ja lumisateen aikainen liukkaudentorjunta voidaan hoitaa vain kostutettua suolaa käyttäen. Tämän opinnäytetyön aikana kävi ilmi, että osalla tarkastelluista urakoista käytettävä kalusto asettaa omat rajoituksensa liuossuolan täysimääräiselle käytölle. Lisäksi yleisen asenteen muuttaminen liuksen käyttöä kohtaan vaatii vielä työtä, vaikka asennemuutosta on jo hieman havaittavissa.

Jos halutaan kasvattaa liuossuolauksen osuutta, niin silloin täytyy päivittää talvisuolaamisessa tarvittava levityskalusto sellaiselle tasolle, että voidaan tehdä samalla kalustolla niin puhdasta liuossuolausta, kuin kostutetun suolan levittämistä. Tämän jälkeen on mahdollista kasvattaa liuossuolauksen osuus maksimi tasolleen liukkaudentorjunnassa Keski-Suomessa. Opinnäytetyötä tehdessä tarkastelluista alueurakoista, vain Äänekosken alueurakassa on kaluston puolesta mahdollisuus liuossuolauksen täysimääräiselle käytölle. Kalustoon panostaminen kuitenkin kannattaa, jos liuossuolauksen osuutta nostettaessa 20 % on mahdollista saada x % kustannussäästöt suolan kulutuksessa. Nykyiselläänkin liuossuolauksen osuutta voidaan nostaa havaitsemalla ajoissa mustan jään muodostuminen ja tien heikko kuurautuminen, jolloin nämä tilanteet voidaan hoitaa vielä liuksella. On kuitenkin muistettava, ettei kustannussäästöjä tule toteuttaa liikenneturvallisuuden kustannuksella.

Natriumkloridiliuksen ja kalsiumkloridiliuksen kustannusvertailun jälkeen on vaikea perustella, miksi tulisi käyttää liukkaudentorjunnassa CaCl_2 -liuosta. Omalla liuosasemalla valmistettu NaCl-liuos on CaCl_2 -liuosta noin x % halvempaa eri alueurakoiden varastoon toimitettuna. NaCl-liuksen valmistamiskustannuksia on mahdollista laskea pienillä investoinneilla automaatioon Destian käytössä oleviin liuosasemiin, jotta saadaan laskettua miestyön osuus liuksen valmistamisessa mahdollisimman pieneksi. Ideaalisin tilanne on, että työntekijä käy syöttämässä liuosasemalla tiedot tarvittavan liuksen määrästä ja pitoisuudesta ja kun liuos on valmistunut, tulee siitä ilmoitus sähköisesti työntekijälle.

Jos NaCl-liuksen valmistamista suuressa määrin ja usean alueurakan käyttöön aiotaan jatkaa Keski-Suomessa tulevana vuosina, kannattaa varsinkin Jyväskylän liuosasemalla lisätä varastosäiliöiden tilavuutta. Myös Jämsän liuosasemaan on kannattavaa tehdä ylläpito ja päivityshuoltoja, jotta voidaan varmistaa valmistettavan liuksen tasalaatuisuus ja saadaan pienennettyä valmistamiskuluja. Niillä urakoilla, joilla on mahdollista käyttää omia kuljettajia ja omaa kalustoa liuksen kuljettamiseen,

kannattaa tätä vaihtoehtoa harkita, sillä talvikaudella tiimiaikana käytettäessä omaa kalustoa ja kuljettajia liuoksen kuljettamiseen, syntyy kustannuksia vain kaluston käytöstä.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä olen havainnut vaikeaksi tutkimustulosten neutraalin arvioinnin ja omien mielipiteiden neutraalin esille tuonnin, missä kuitenkin katson onnistuneeni. Olen kokenut helppoksi yhteistyökumppaneiden kanssa työskentelyn, sekä tätä kautta saamani runsaat tietolähteet. Tämän opinnäytetyön pohjalta jatkotutkimuskohteiksi on noussut kostutetun suolan kostutus osuuden vaikutus toimivuuden ja talouden näkökulmista. Lisäksi natriumkloridiliuoksen valmistamisen ja kuljettamisen kustannukset käyttäen omia työntekijöitä ja omaa kalustoa aliurakoitsijan sijaan kannattaa selvittää.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Ely-keskus.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-10-21] Saatavissa: <http://www.ely-keskus.fi/> Polku: ely-keskus.fi. Liikenne.

JÄRVENPÄÄ, Jukka 2015-03-26. Työmaapäällikkö. [Haastattelu.] Jämsä: Destia Oy

KAARTO, Seppo 2014-10-28. Kelikeskuspäällikkö. [Tiesään peruskurssi]. Helsinki: Destia Oy

KAARTO, Seppo 2015-03-13. Kelikeskuspäällikkö. [Haastattelu]. Helsinki: Destia Oy

KANKAANPÄÄ, Kalle 2015-01-26. Liuosaseman kuvia [digikuva]. Sijainti: Keuruu

KANKAANPÄÄ, Kalle 2015-03-03. Tiesääasema tietoja [digikuva]. WebTiesää [verkkojulkaisu]. Sijainti: Liikennevirasto

LEINONEN, Pertti 2015-03-23. Työmaapäällikkö. [Haastattelu.] Viitasaari: Destia Oy

Liikennevirasto.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-22] Saatavissa: <http://www.liikennevirasto.fi/> Polku: liikennevirasto.fi. Aineistopalvelut.

Liikennevirasto.fi. [verkkoaineisto]. [viitattu 2014-10-21] Saatavissa: <http://www.liikennevirasto.fi/> Polku: liikennevirasto.fi. Kunnossapito.

MARKKI, Keijo 2015-01-26. Kuljettaja. [Haastattelu.] Jämsä: Destia Oy

MÅRD, Tapio 2015-03-16. Työmaapäällikkö. [Haastattelu.] Äänekoski: Destia Oy

RUUSKA, Tero 2015-01-13. Aliurakoitsija. [Haastattelu.]

Serco. Serco tuotteet nestesäiliöt [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-21]. Saatavissa: http://www.serco.fi/attachments/article/25/serco_nestes%C3%A4ili%C3%B6t.pdf

Serco. Serco tuotteet levittimet [verkkoaineisto]. [viitattu 2015-02-21]. Saatavissa: <http://www.serco.fi/attachments/article/26/Serco%20-%20Liuoslevittimet%201.1.pdf>

Tiehallinto 2009 Teiden talvihoito, Laatuvaatimukset 10–15

Tiehallinto 2006 Kalsiumkloridin sivuvaikutukset 14–59

Tiehallinto 2001 Teiden talvihoito, Menetelmätieto 36–46, Liite 2-3

LIITE 1: SUOLAN KULUTUS 10/2014–02/2015

Rae liuoksena (t)	€	Rae kostutettuna (t)	€	yht. (t)	€
Jämsä					

Äänekoski					

Pihtipudas					

+20 %	Rae liuoksena (t)	€	Rae kostutet- tuna (t)	€	Yht. (t)	€	Säästö €
--------------	------------------------------	----------	-----------------------------------	----------	-----------------	----------	---------------------

Jämsä

Äänekoski

Pihtipudas

LIITE 2: NaCl – CaCl₂ KUSTANNUSVERTAILU

Liuoksen valmistus

	Määrä	Kustannus €/x	
Jyväskylä:			
Vesi			
NaCl			
Sähkö+Siirto			
Työntekijä			
KUP			

NaCl-liuos		
------------	--	--

Jämsä:			
Vesi			
NaCl			
Sähkö+siirto			
Työntekijä			
KUP			

NaCl-liuos		
------------	--	--

Liuoksen kuljetus

	Matka	Kustan- nus	
Jyväskylä:			
Karstula			
Viitasaari			
Äänekoski			

Jämsä:			
Keuruu			

Liuoksen hinta varastossa**NaCl-liuos**

--	--	--	--

**CaCl₂-
liuos**

--	--	--	--